



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES
DEPARTAMENTO DE ANÁLISIS ECONÓMICO: ECONOMÍA CUANTITATIVA

INTERACCIÓN Y CO-EVOLUCIÓN SOCIAL

Una aproximación computacional al fenómeno de la emulación y su efecto en las dinámicas de consumo

Tesis doctoral

realizada por D. Carlos Manuel Fernández Márquez

dirigida por D. Francisco José Vázquez Hernández
D. Francisco José Fatás Villafranca

Madrid, febrero de 2015

Por falta de un clavo se perdió una herradura,
por falta de una herradura, se perdió un caballo,
por falta de un caballo, se perdió una batalla,
por falta de una batalla, se perdió un reino,
y todo por falta de un clavo de herradura.



...Todo importa, a veces y sólo a veces, cuando lo local se hace global,
lo insignificante, lo vedado, se vuelve trascendente, visible hacia las
estrellas.

Agradecimientos

La investigación aquí presentada, si bien es el resultado de años de trabajo y dedicación, habría sido imposible su finalización sin la ayuda inestimable de sus directores, así como del apoyo brindado por todas y cada una de las personas que a continuación citaré. Cada uno –con su experiencia, su perspectiva, su dedicación y su confianza– ha sido un apoyo vital –e inestimable– en todo momento, tanto en lo profesional como en lo humano.

En primer lugar, me complace agradecer el constante apoyo que me han brindado mis directores, Francisco José Vázquez Hernández y Francisco Fatás Villafranca. No hay forma fácil de describir las razones por las que agradezco haber trabajado junto a ellos. La principal, la número uno de una larga lista, es precisamente aquella, se trabaja “junto” y no sólo “con” ellos. Sin embargo, describirlo es tan inútil como que entienda los colores aquel que nunca pudo ver. El significado de las acciones –con múltiples detalles e interpretaciones– silencian las palabras, símbolos huecos arrastrados por la fuerza de la realidad.

Considero crucial la supervisión meticulosa con la que he contado durante años, sin ella, las piedras que hay en el largo y sinuoso camino de todo investigador, se habrían convertido en obstáculos infranqueables. En todo momento, he recibido el apoyo de ambos, especialmente cuando más lo necesitaba. Si bien, el apoyo técnico ha sido indispensable para seguir trazando el camino, el humano ha sido más importante aún, pues es el que ayuda a incorporarse tras una caída y seguir recorriéndolo, e indudablemente demuestra la calidad humana que tienen ambos.

Algunos dicen que lo que importa no es el camino, sino el destino, otros que lo que trasciende es el camino, no el destino. Particularmente, no coincido con unos ni otros, sino con aquellos que manifiestan que lo importante no es el camino, sino las personas con las que se recorre. En el fondo es lo que queda, y en este caso sucede igual. El trato cercano, el entusiasmo, el sentido de la equidad, la supervisión horizontal, el respeto a mis ideas, el enfoque innovador en los planteamientos y la profesionalidad son sólo algunas de las cualidades que impregnan su forma de trabajar. El camino no habría sido igual sin ellos, de eso qué duda cabe. En este sentido, me gustaría agradecer especialmente a Francisco José por la confianza que ha depositado en mí. Ha hecho que me sintiera como uno más dentro del departamento desde el primer instante. Con las primeras palabras que cruzamos, lo noté, con los

hechos, lo confirmé.

En el ámbito universitario, también agradezco la colaboración y ayuda ofrecida por todos y cada uno de los compañeros. Especialmente a Julio Rodríguez, por sus acertadas recomendaciones estadísticas, y a Juan Carlos Salazar, por facilitarnos los datos empíricos con los que hacer la validación del modelo. A ambos ¡Gracias!

Agradecer hoy y siempre a los míos, porque es claro que si no fuese por el esfuerzo realizado por ellos, mis ideas no habrían sido llevadas a efecto. Sus ánimos y apoyo son el combustible que se necesita para llegar a buen puerto. Especialmente a mi novia Natalia, su personalidad arrojada, empeño y actitud de mejora, suponen aires renovados a mis fuerzas. Por idéntico motivo a mis padres Manuel y Josefa y a mi hermana Laura. Sin condiciones, ellos siempre están ahí.

Me gustaría agradecer el soporte técnico brindado por el Centro de Computación Científica (CCC) de la Universidad Autónoma de Madrid y el Instituto de Física Interdisciplinar y Sistemas Complejos (IFISC), especialmente a Maxi San Miguel, por su cordialidad, ideas y predisposición a ayudar. Sin sus recursos, el trabajo aquí realizado habría sido imposible. También dar las gracias a la compañía Nielsen por cedernos sus datos del panel de detallistas, y en particular a Elena Alonso por su trato personal y cercano.

Índice general

Índice de figuras	x
Índice de tablas	xi
Introducción	1
1. Un modelo de interacción social basado en la emulación	19
1.1. Planteamiento del modelo	22
1.2. El modelo formal	25
1.2.1. Localidad de la emulación (afinidad)	26
1.2.2. Intensidad de la emulación	27
1.2.3. Innovación	29
1.2.4. La estructura social de interacción	30
1.3. Implementación del modelo	31
1.4. Análisis de las tendencias	34
1.5. Validación empírica del modelo	52
1.6. Análisis de las áreas de tendencia	54
1.7. Conclusiones	62

1.8. Apéndice: pseudo-código del modelo	65
2. Un modelo computacional de difusión de innovaciones	67
2.1. Introducción	67
2.1.1. Innovaciones	67
2.1.2. Marco del producto e influencia social	70
2.1.3. Objetivos y metodología	72
2.2. Planteamiento del modelo	74
2.2.1. Descripción del modelo	74
2.2.2. El modelo formal	81
2.3. Estudio empírico: el efecto de las TICs	87
2.4. Variables agregadas bajo estudio	90
2.5. Simulación y análisis del modelo	91
2.5.1. Plausibilidad: reproduciendo patrones conocidos	92
2.5.2. El impacto de las TICs en la difusión de innovaciones	93
2.5.3. El impacto de la estrategia de lanzamiento	95
2.5.4. El momento de entrada al mercado	101
2.6. Conclusiones	103
2.7. Apéndice: pseudo-código de alto nivel del modelo de difusión	107
3. Un modelo de mercado con demanda endógena	109
3.1. Introducción	109
3.1.1. Limitaciones y desafíos	111
3.1.2. La evidencia empírica	113

3.1.3.	Objetivos del nuevo enfoque	115
3.1.4.	Esquema de trabajo	117
3.1.5.	Estructura del capítulo	118
3.2.	Planteamiento del modelo	119
3.2.1.	Visión global del modelo	119
3.2.2.	Descripción formal del modelo	127
3.3.	Variables agregadas bajo estudio	136
3.4.	Simulación y reducción de la dimensionalidad	138
3.4.1.	Conclusiones de la reducibilidad	143
3.5.	Estudio de la dinámica	143
3.5.1.	Las ventajas competitivas relativas	143
3.5.2.	Estudio de la dinámica asintótica	145
3.5.3.	Estudio de la dinámica transitoria	156
3.6.	Estructuras industriales inducidas por la demanda	167
3.6.1.	Estructuras industriales durante la madurez	167
3.6.2.	Evolución temporal de la estructura industrial	169
3.7.	Validación empírica	170
3.8.	Patrones emergentes	175
3.8.1.	Validación teórica basada en reproducir patrones conocidos . .	176
3.8.2.	Nuevos condicionantes	184
3.8.3.	Emergencia de nuevos patrones	187
3.9.	Conclusiones	188
3.9.1.	Antes de alcanzar la madurez industrial	190

3.9.2. Durante la madurez industrial	191
3.9.3. Resultados y aportaciones generales	194
3.10. Apéndice: algoritmo	196
Conclusiones	199
Modelo de emulación	201
Modelo de difusión de innovaciones	206
Modelo de mercado de consumo	209
Resultados y aportaciones generales	212
Resumen metodológico	215
Expectativas y líneas futuras de investigación	217
Bibliografía	219

Índice de figuras

1.1. Efecto del parámetro α	27
1.2. Efecto del parámetro β	28
1.3. Número de tendencias en función de p	35
1.4. Tamaño de las tendencias en función de p	36
1.5. Coeficiente de Gini en función de p	36
1.6. Índice de dinamismo en función de p	37
1.7. Diagrama tamaño/ranking para diferentes valores de α	38
1.8. Diagrama log-log tamaño/ranking para diferentes valores de α	38
1.9. Número de tendencias en función de α	40
1.10. Tamaño de las tendencias en función de α	40
1.11. Coeficiente de Gini en función de α	41
1.12. Índice de dinamismo en función de α	41
1.13. Diagrama tamaño/ranking para diferentes valores de p	43
1.14. Diagrama log-log tamaño/ranking para diferentes valores de p	43
1.15. Número de tendencias en función de β . Error respecto de e	44
1.16. Tamaño de las tendencias en función de β . Error respecto de e	45

1.17. Coeficiente de Gini en función de β . Error respecto de e	45
1.18. Índice de dinamismo en función de β . Error respecto de e	46
1.19. Número de tendencias en función de N . Error respecto de e	47
1.20. Tamaño de las tendencias en función de N . Error respecto de e	47
1.21. Coeficiente de Gini en función de N . Error respecto de e	48
1.22. Índice de dinamismo en función de N . Error respecto de e	48
1.23. Número de tendencias para valores bajos de N	49
1.24. Tamaño de las tendencias para valores bajos de N	50
1.25. Coeficiente de Gini para valores bajos de N	50
1.26. Índice de dinamismo para valores bajos de N	51
1.27. Número de tendencias para valores bajos de N y distintos valores de α	51
1.28. Tiempo de computación por cada realización en función de N	52
1.29. Evolución temporal del peso relativo de las áreas para la realización 43	55
1.30. Evolución temporal del peso relativo de las áreas para la realización 45	56
1.31. Evolución temporal del peso relativo de las áreas para la realización 46	56
1.32. Distribución bidimensional de las áreas de tendencia	57
1.33. Distribución bidimensional de las áreas dominantes	58
1.34. Distribución radial de las áreas de tendencias	59
1.35. Distribución radial de las áreas dominantes	59
1.36. Distribuciones radiales de las áreas según p	60
1.37. Distribuciones radiales de las áreas dominantes según p	60
1.38. Distribuciones radiales de las áreas según α	61
1.39. Distribuciones radiales de las áreas dominantes según α	61

2.1. Esquema gráfico sobre el funcionamiento del modelo	80
2.2. Esquema de los parámetros del sistema	87
2.3. Imágenes de la evolución social en el espacio de características	88
2.4. Patrón en S de la tasa de adopción para distintos valores de α	93
2.5. Patrón en S de la tasa de adopción para distintos valores de p	93
2.6. Influencia de las TICs sobre la saturación de mercado	94
2.7. Influencia de las TICs sobre la velocidad de difusión	94
2.8. Saturación del mercado en función de a para distintas estrategias de lanzamiento s y una madurez del mercado $m = 0.5$	96
2.9. Velocidad de difusión en función de α para distintas estrategias de lanzamiento s y una madurez del mercado $m = 0.5$	96
2.10. Saturación del mercado en función de p para distintas estrategias de lanzamiento s y una madurez del mercado $m = 0.5$	97
2.11. Velocidad de difusión en función de p para distintas estrategias de lanzamiento s y una madurez del mercado $m = 0.5$	97
2.12. Saturación del mercado en función de a para distintas estrategias de lanzamiento s y una madurez del mercado $m = 0.5$	98
2.13. Velocidad de difusión en función de a para distintas estrategias de lanzamiento s y una madurez del mercado $m = 0.5$	98
2.14. Saturación del mercado en función de b para distintas estrategias de lanzamiento s y una madurez del mercado $m = 0.5$	99
2.15. Velocidad de difusión en función de b para distintas estrategias de lanzamiento s y una madurez del mercado $m = 0.5$	100
2.16. Saturación del mercado en función de c para distintas estrategias de lanzamiento s y una madurez del mercado $m = 0.5$	101

2.17. Velocidad de difusión en función de c para distintas estrategias de lanzamiento s y una madurez del mercado $m = 0.5$	101
2.18. Saturación del mercado en función de α para distintas estrategias de lanzamiento s y una madurez del mercado $m = 0.25$	102
2.19. Velocidad de difusión en función de α para distintas estrategias de lanzamiento s y una madurez del mercado $m = 0.25$	102
2.20. Saturación del mercado en función de α para distintas estrategias de lanzamiento s y una madurez del mercado $m = 0.75$	103
2.21. Velocidad de difusión en función de α para distintas estrategias de lanzamiento s y una madurez del mercado $m = 0.75$	103
3.1. Principales relaciones causales de la dinámica del sistema	127
3.2. Esqueleto del algoritmo	129
3.3. Ventas realizadas por el productor durante todo el periodo $t - 1$. . .	131
3.4. Número de productores en función de la lealtad y el nivel de exigencia, para diferentes niveles de la fragmentación de la demanda	147
3.5. Concentración industrial en función de la lealtad y el nivel de exigencia, para diferentes niveles de la fragmentación de la demanda	148
3.6. Nivel de adopción en función de la lealtad y el nivel de exigencia, para diferentes niveles de la fragmentación de la demanda	149
3.7. Número de productores en función del nivel de exigencia	150
3.8. Número de productores en función de la exigencia del consumidor y la fragmentación de la demanda	153
3.9. Concentración industrial en función de la exigencia del consumidor y la fragmentación de la demanda	154
3.10. Número de productores en función de la lealtad a la marca	155
3.11. Concentración industrial en función de r para distintos valores de δ .	156

3.12. Probabilidad de entrada al mercado para distintos niveles de exigencia	158
3.13. Probabilidad de entrada al mercado para distintos niveles de fragmentación de la demanda	159
3.14. Probabilidad de entrada al mercado en función de la lealtad	160
3.15. Nivel de adopción en función del nivel de exigencia	161
3.16. Nivel de adopción en función de la lealtad	161
3.17. Nivel de adopción en función del nivel de fragmentación de la demanda	162
3.18. Número de productores en función del nivel de exigencia	163
3.19. Número de productores en función de la lealtad a la marca	164
3.20. Número de productores en función del nivel de fragmentación de la demanda	165
3.21. Concentración industrial en función de la exigencia	166
3.22. Concentración industrial en función de la lealtad	166
3.23. Concentración industrial en función de la fragmentación	167
3.24. Número de productores para 7 niveles de precio	173
3.25. Número de productores para 8 niveles de precio	173
3.26. Número de productores para 9 niveles de precio	174
3.27. Concentración industrial para 7 niveles de precio	174
3.28. Concentración industrial para 8 niveles de precio	175
3.29. Concentración industrial para 9 niveles de precio	175
3.30. Distribución del tamaño de las empresas para una industria madura en distintos momentos	177
3.31. Crecimiento medio en función del tamaño del productor	178
3.32. Variabilidad del crecimiento en función del tamaño del productor . .	179

3.33. Probabilidad de que una empresa quiebre dado su tamaño	179
3.34. Crecimiento medio según la edad de la empresa	180
3.35. Variabilidad del crecimiento en función de la edad de la empresa . . .	180
3.36. Probabilidad de que una empresa quiebre con una determina edad . .	181
3.37. Función de densidad para las tasas de crecimiento	182
3.38. Variabilidad del crecimiento de la cuota de mercado	184
3.39. Cambio de fase en r en el que se pierde la convexidad	185
3.40. Cambio de fase en el número de productores según r	186
3.41. Cambio de fase en la probabilidad de entrada según r	188

Índice de tablas

1.1. Contrastación empírica según nivel educativo	53
1.2. Contrastación empírica según lugar de residencia	54
2.1. Calibración empírica para edad $\in [18, 36)$	89
2.2. Calibración empírica para edad $\in [36, 55)$	89
2.3. Calibración empírica para edad $\in [55, \text{máx}]$	89
2.4. Rangos paramétricos explorados en las simulaciones	91
3.1. Estadísticos descriptivos de $\Lambda(t)$, $\Pi(t)$ y $H(t)$	139
3.2. Test K-S sobre $\Lambda(t)$, $\Pi(t)$ y $H(t)$	140
3.3. Test K-S sobre los parámetros no relevantes	141
3.4. Test K-S sobre los parámetros relevantes	142
3.5. Intervalo de confianza para una muestra de 500 realizaciones	143
3.6. Estructuras industriales según la lealtad a la marca para diferentes niveles de exigencia del consumidor	168
3.7. Estructuras industriales según la fragmentación de la demanda para diferentes niveles de exigencia del consumidor	168

Introducción

Los sistemas sociales

Vida, suma de innumerables pequeños momentos cotidianos, de decisiones aparentemente irrelevantes, hilo vital que se solapa, se cruza y se entrelaza de manera caprichosa con el de los demás en un crisol que conecta el presente con el pasado, tejiendo inexorablemente el destino de toda la humanidad. Las decisiones cotidianas, como la tomada por dos personajes anónimos para ir a un concierto, son un buen ejemplo de todo ello...

-Jaime: “Diego, ¿te apetece ir a un concierto al aire libre el viernes?”

-Diego: “Me es imposible ese día”.

Parece una decisión irrelevante, con un efecto limitado ... o tal vez no, nunca sabremos qué habría sucedido si Diego hubiera asistido. Tal vez, por improbable que fuera, hubiera conocido a su mentor, un empresario que lo habría convertido en uno de los hombres más influyentes del planeta décadas más tarde, pieza necesaria para entender la revolución tecnológica que habría tenido lugar en el mundo de final de siglo de esa realidad alternativa.

“La gota que colma el vaso convierte lo intrascendente en decisivo y necesario”

¿Qué motivó la respuesta? Quizás que tuviera que trabajar o que ya hubiera quedado con otra persona, o tal vez, simplemente, que no le apeteciera ir y haya empleado una excusa. Muchos otros motivos son posibles, al igual que muchas otras respuestas. Podría haber declinado la oferta porque no le gustase el intérprete o la compañía de Jaime, porque creyese que iba a llover o simplemente porque no contase con suficiente dinero. La respuesta podría ser diferente a la simple negativa. Podría

haberla aceptado en base a otros motivos diferentes o incluso haber propuesto un plan alternativo abriendo vías a futuras decisiones.

La respuesta de Diego está condicionada por múltiples factores como su experiencia, su personalidad, sus gustos, el clima, su sistema de creencias, pero también por las decisiones de los demás. Las personas somos seres de extrema complejidad; racionales, pero también emocionales; curiosos, pero además con aversión al riesgo; pero si hay algo que nos caracteriza sobremanera es que somos seres sociales. Quizás si el curso de los acontecimientos hubiera seguido otros derroteros, Jaime nunca le hubiera hecho tal propuesta a Diego, tal vez porque ni siquiera se habrían conocido. En el día a día nos enfrentamos a diversas decisiones cotidianas que, como la expuesta, pasan inadvertidas, pero que están condicionadas por las de nuestro entorno social, al igual que nuestras decisiones pueden influir en las que toman los demás. Así, las decisiones que tomamos son socialmente interdependientes y dependientes de las realizadas en el pasado, aunque también de las que creemos que tendrán lugar en el futuro, tanto por nosotros como por los demás.

Las personas aprenden, se adaptan, comparten información, recursos, valores y creencias, y en parte, actúan condicionadas por todo ello, lo que hace que la sociedad no sea una entidad inmutable, sino que cambia con el tiempo, evoluciona a partir de la co-evolución de sus integrantes. Las sociedades humanas son sistemas de alta complejidad y enormes dimensiones que presentan múltiples facetas. Y al igual que un mapa de escala 1 : 1 que contase con todos los detalles carecería de toda utilidad práctica, al ser tan inmanejable como la propia realidad representada, un modelo social debe simplificar la compleja realidad, eliminando todos los detalles irrelevantes del sistema para dejar únicamente los mecanismos causales que expliquen el fenómeno objeto de estudio. Como todo proceso de modelización conlleva cierta pérdida de generalidad, hay que ser plenamente conscientes de que necesariamente estamos cometiendo cierto sesgo simplista en la forma de ver, entender e interpretar la realidad bajo estudio.

Desde un punto de vista formal, es conveniente interpretar la sociedad como una red de individuos, a veces con intereses contrapuestos, que deliberan sobre qué acciones llevar a cabo, empleando para ello información local (interna y/o externa). Estas acciones repercutirán sobre su entorno social, lo que a su vez condicionará las futuras decisiones de éste, dando lugar a un proceso co-evolutivo que, eventualmente, puede marcar el destino de toda la sociedad. El medioambiente también impone

restricciones adicionales a las acciones de los individuos. Cuando el individuo interactúa con su medioambiente, se pone en marcha un proceso co-evolutivo, en tanto en cuanto, las acciones del individuo pueden modificar su medioambiente, lo que condicionará sus posibles acciones futuras. Por ejemplo, la pesca indiscriminada de una especie puede llevarla a la extinción, impidiendo que en el futuro pueda ser explotada como sustento. Al principio de la cadena de interacciones sociales se encuentran aquellas con el medioambiente, en tanto en cuanto, las sociedades humanas habitan en un entorno físico. La caza, la pesca, la recolección, la replantación o la minería son algunos ejemplos típicos de interacción entre el sistema social y su entorno físico. Pese a su notorio interés, en este trabajo nos centraremos exclusivamente en las interacciones sociales, más concretamente en las conocidas como “horizontales” que pasaremos a comentar a continuación.

La co-evolución social es inicialmente horizontal –entre pares de individuos– y suele estar dotada de mecanismos de auto-organización con capacidad para engendrar entidades de mayor complejidad. Dicho de otro modo, las entidades del nivel macroscópico como los gobiernos, los mercados, las empresas o las unidades familiares pueden ser vistas como el resultado de la actividad a nivel microscópico, entre individuos. Así por ejemplo, la dificultad para cazar grandes presas en solitario, puede llevar a que los individuos –inicialmente desorganizados– alcancen un acuerdo colaborativo (co-evolución horizontal a nivel microscópico), que favorezca la aparición de tribus (nivel macroscópico). Estas entidades de mayor complejidad, mediante la elaboración de normas, pueden restringir las acciones de los individuos, iniciando así un proceso de co-evolución vertical entre los individuos y esta institución de orden superior.

De esta manera, al incorporar estas interacciones verticales, el sistema pasa de ser puramente descentralizado a tener también control central sobre algunas de sus actividades. Este control central ayuda a coordinar el nivel inferior a la vez que posee la capacidad de auto-perpetuarse –con la creación de normas encaminadas a que los individuos mantengan la institución. Siguiendo el ejemplo de la tribu, el incipiente gobierno tribal introduce normas para asignar las tareas de recolección, caza, guerra y seguridad interna, pero también introduce otras para auto-perpetuarse. Para ello, se incorporan reglas que decidan el siguiente jefe tribal, así como castigos contra los que subviertan el orden establecido. La institución –tribu– introduce mecanismos que garanticen su continuidad –que la legitimen– para evitar ser reemplazada

por otra institución, que será considerada desde entonces ilegítima o ilegal, aunque haya emergido de la misma manera que lo hizo la primera, esto es, a partir del asociacionismo, de la colaboración entre individuos.

La interacción horizontal entre instituciones agregadas, como las tribus, puede dar lugar a la aparición de estructuras aún más sofisticadas que introduzcan nuevas interacciones verticales y horizontales. En realidad, el nivel macroscópico es relativo, pues puede convertirse en microscópico al ser visto desde un nivel superior de complejidad. Por ejemplo, la alianza guerrera entre tribus puede considerarse como institución (nivel macro) producto de la interacción de tribus (nivel micro) que a su vez está formada por comunidades como asociaciones, clanes, familias, que en última instancia, tienen su origen en el nivel social más micro, los individuos.

Las interacciones verticales producen una co-evolución entre las estructuras agregadas y sus integrantes. Quizás la norma de casarse de rojo fuese una costumbre de una parte de la tribu (reglas horizontales), pero desde que el jefe se pronunció a favor (reglas verticales informales), la gente empezó a ver como algo prestigioso hacerlo (cambio en las reglas horizontales), difundiendo la costumbre; al cabo de los años, fue considerada una tradición y eventualmente se obligó por decreto a proceder así (reglas verticales formales). Quizás parezca exagerado y un tanto rebuscado, pero procesos como las modas, las patentes, las tradiciones, incluso los valores morales, pueden ser vistos como procesos de co-evolución vertical.

Por otra parte, las interacciones horizontales producen una co-evolución entre agentes de un mismo nivel de complejidad. Quizás el casamiento entre miembros de dos clanes sea censurable por el conflicto que hubo entre ambos en un pasado remoto, lo cual puede ser visto como reglas, formales o no, que condicionan la interacción horizontal entre ambos clanes. De lo anterior se extrae que en la sociedad se produce una co-evolución multinivel en dos sentidos. Verticalmente entre instituciones de distinto nivel de complejidad y horizontalmente entre instituciones del mismo nivel de complejidad.

Volviendo a un ejemplo más contemporáneo, podemos entender la Unión Europea como una alianza de naciones, esto es, como una entidad más macroscópica que los países que la componen, que a su vez pueden estar formados por regiones con entidad propia, las cuales pueden ser desagregadas hasta llegar a los individuos, parte elemental de la sociedad. Todas estas entidades agregadas altamente comple-

jas, desde los gobiernos más locales hasta los más globales, como la Unión Europea, no siempre han existido, al menos tal y como las conocemos hoy. Son entidades que surgieron en algún momento a partir de infinitud de acciones simples entre entidades de nivel inferior y, desde entonces, evolucionan y co-evolucionan con entidades de todos los niveles, produciéndose un entramado altamente complejo que enriquece a la vez que dificulta sobremanera el análisis de las sociedades, marcando el carácter transversal de las Ciencias Sociales. Sin embargo, debido a que los sistemas sociales pueden ser explicados naturalmente a partir de reglas elementales de interacción, quizás sea más adecuado y simple adoptar un punto de vista evolutivo y constructivista en vez de uno estático y atómico. A veces, lo más natural no es modelar algo complejo, sino dejar que evolucione a partir de algo simple, o mejor dicho que co-evolucione.

La co-evolución multinivel, tanto vertical como horizontal, es muy característico, aunque no exclusivo, de las sociedades humanas. Sin embargo, la auto-referencialidad es una propiedad que sólo está presente en las sociedades humanas. Ésta alude a que los seres humanos tenemos la capacidad de basar nuestras acciones en las expectativas que nos hemos formado tras razonar sobre propiedades macroscópicas (por ejemplo, la creencia social de que un determinado partido político obtendrá mayoría absoluta). Siguiendo el ejemplo de la tribu, ésta podría decidir dedicar más recursos a formar guerreros y romper la alianza de paz con sus vecinas sólo porque esperase que las demás fueran a hacer lo mismo. La auto-referencialidad da lugar a situaciones aparentemente paradójicas como “la expectativa que se auto-cumple”. Quizás si nadie hubiera razonado sobre la situación macro de guerra, la propia situación no habría tenido lugar.

El refinamiento y la validación de las teorías sociales están más limitados que en otras ciencias, debido a la dificultad inherente a hacer experimentación sobre colectivos humanos. El primer obstáculo es que la historia humana es sólo una de las que podría haber tomado el curso de los acontecimientos. El segundo es meramente instrumental. No es fácil aislar los factores bajo experimentación. En ciertos casos, se hace misión imposible no influir sobre los sujetos, sólo por el simple hecho de observarles. Otras veces, el sesgo viene *a posteriori*, por su carácter auto-referencial, cuando los sujetos, tras razonar sobre la propia teoría formulada, modifican su forma de actuar, lo que lleva a la sociedad, o parte de ella, a otro estado distinto del esperado. Todas estas propiedades complican sobremanera el estudio de las sociedades

humanas, y por ende, la elaboración de teorías precisas.

Los sistemas económicos

Desde un punto de vista formal es conveniente considerar a la economía como un subsistema social, y por tanto abierto, que emerge a partir de una intrincadísima red de interacciones comerciales formada por una enorme cantidad de agentes, a veces con intereses contrapuestos, que proceden de diversos niveles de complejidad (individuos, familias, asociaciones, instituciones nacionales y supranacionales) y que compiten por recursos escasos susceptibles de usos alternativos. Estos agentes cuentan con esquemas mentales sobre cómo funciona la realidad, los cuales son empleados –consciente o inconscientemente– para predecir situaciones futuras. Las expectativas de los agentes evolucionan con su experiencia y co-evolucionan con la de los demás.

Cuando los agentes interactúan horizontalmente (dentro de su nivel), las decisiones se toman en base a información local, dando lugar a una parte descentralizada del sistema, como las decisiones de asignación de precios en un libre mercado. Sin embargo, éstas y otras decisiones, como los años de garantía del producto, son tomadas en base a información global, procedente de la interacción vertical con el gobierno, que impone unas normas.

La economía, como subsistema dentro de la sociedad, hereda todas sus propiedades como la auto-referencialidad. Así por ejemplo, una persona puede posponer su decisión de hipotecarse al sospechar, en base a indicadores macroeconómicos, que los tipos de interés pueden subir notablemente. Su decisión, eventualmente coordinada con la de otros agentes, puede influir sobre aquellos indicadores macroeconómicos. La expectativa que se auto-cumple es si cabe, aún más común en el ámbito económico que en otros subsistemas sociales; ejemplos los encontramos a diario en el mundo financiero y en particular en el bursátil, donde nacen burbujas que eventualmente explotan, cambiando la realidad económica a su paso. Con menos frecuencia también surgen fenómenos de hiperinflación, en los que las expectativas entran en una espiral voraz que cambia el paradigma de las interacciones comerciales que tejen la economía. También hay otras propiedades que han despertado tradicionalmente el interés de los economistas. Nos referimos a la información imperfecta, a la dependencia temporal y a que aparezca coordinación en un sistema formado por agentes

que actúan asincrónicamente y con incentivos contrapuestos entre sí.

Las aproximaciones habituales en el estudio de sistemas económicos tienen un carácter reduccionista, es decir, descomponen el sistema en sus partes y estudian cada una esperando obtener el comportamiento global por agregación. Es indudable que esta orientación reduccionista ha sido, sigue y seguirá siendo de gran valor, pues al emplear el método deductivo, aporta una explicación simple a la vez que general. Sin embargo, cuando se estudia la evolución de determinados aspectos de la economía, este enfoque presenta serias limitaciones que comprometen su eficacia. Para hacer tratable el problema desde un punto de vista analítico, se suele recurrir a hipótesis de partida que suponen una sobre-simplificación de la realidad y que, en múltiples ocasiones, no son coherentes respecto a las evidencias empíricas apuntadas por la Economía Experimental. En particular, suelen ser habituales, el principio de superposición, la racionalidad plena de los agentes, la existencia de un agente representativo o la homogeneidad del producto.

En general, en la economía no parece aplicable el principio de superposición. Raramente la respuesta del sistema ante una combinación lineal de estímulos sería la combinación lineal de las respuestas a los estímulos individuales. La introducción de no linealidades puede dar lugar a que cambios mínimos en las condiciones iniciales conduzcan a estados radicalmente distintos del sistema. Técnicamente, órbitas inicialmente muy cercanas pueden divergir exponencialmente con el tiempo transcurrido. La divergencia exponencial de órbitas implica además que, aunque se conozca con infinita precisión las leyes del sistema, resulte imposible en la práctica predecir la evolución del estado. Un agente racional que pretendiera, en este tipo de sistemas, actuar en base al estado futuro del sistema, se enfrentaría a un problema de complejidad no polinómica (NP), lo que significa que el tiempo requerido para hacer una predicción, empleando para ello procesos de optimización (razonamiento deductivo), crezca exponencialmente con el tamaño del problema. Debido a que los agentes no tienen una capacidad de computación ni tiempo ilimitados, los mecanismos optimizadores se configuran poco plausibles. La información imperfecta es otro de los motivos que nos recomiendan abandonar hipótesis optimizadoras. Por último, las hipótesis de homogeneidad de producto y agentes impiden explicar con éxito fenómenos tan importantes para la evolución de los sistemas económicos como son las innovaciones.

La racionalidad limitada en un modelo implica considerar que el individuo em-

plea mecanismos heurísticos para tomar sus decisiones, habitualmente basándose en información incompleta (a menudo local). Los últimos estudios empíricos señalan que los seres humanos razonamos, en la mayoría de las circunstancias, en base a patrones que en el pasado funcionaron bien, debido al coste computacional que implican otros mecanismos más sofisticados. Existen múltiples sendas para introducir esta noción en el modelo. Es frecuente hacerlo implementando algún mecanismo de aprendizaje (preferentemente con soporte empírico). Sin pretender ser riguroso, el ser humano emplea dos tipos de aprendizaje: por reforzamiento (no consciente) y el basado en creencias (consciente).

El aprendizaje por reforzamiento se basa en que las acciones que conllevan recompensas ocurrirán con mayor frecuencia en el futuro, mientras que las que causan castigos serán menos frecuentes. Funciona de manera automática e instantánea todo el tiempo y no implica reflexión cognitiva sobre la situación. En cambio, el aprendizaje basado en creencias implica una reflexión consciente de cuáles son los procesos causales del mundo que nos rodea. El individuo genera hipótesis para entender por qué, cómo y bajo qué circunstancias un comportamiento es adecuado. A lo largo de un día, como la capacidad cognitiva del individuo es limitada, la mayoría de las decisiones las hacemos en base al aprendizaje por reforzamiento. El lector debe advertir que sea cual sea el método de aprendizaje, todos entrañan heurísticas y procesos de adaptación, y por tanto, ninguno es óptimo. La situación y fenómeno particular aconsejarán implementar la racionalidad limitada, basándose en uno u otro modelo psicológico.

La emulación es uno de los mecanismos más simples de racionalidad social. Emular el comportamiento de famosos, como cantantes o futbolistas, no es algo exclusivo de niños. En mayor o menor medida, el ser humano tiende a alinear, consciente e inconscientemente, su comportamiento y creencias con el de aquellos con los que interactúa localmente (su comunidad). La emulación no tiene por qué ser algo irracional. Emular el comportamiento de los demás puede ser positivo, incluso sin entender el motivo, ya que a menudo es el resultado de la adaptación de un colectivo a un determinado entorno o información adicional no contemplada por el agente. Este mecanismo ayuda a tomar decisiones rápidas, con bajos requerimientos de datos y capacidad computacional para tratarlos. Un problema mal definido, la racionalidad limitada del agente y la información imperfecta son sólo algunos de los motivos para emplear la emulación como estrategia. Por ello, juega un rol central en diver-

sos procesos sociales, como la opinión pública, el voto político, los estilos de vida, la violencia colectiva o la evolución cultural. Pero también en otros de índole más económica, como la especulación financiera, la difusión de innovaciones o la evolución de las preferencias de consumo. En efecto, si el entorno social de un agente especula con un determinado activo, será más probable que también él lo haga. Algo parecido sucede con las preferencias de consumo, tendemos a desear los bienes que los demás tienen, sobre todo en lo referente a consumo discrecional.

El consumo discrecional consiste en un conjunto de actividades de consumo que no son estrictamente necesarias para la vida. Su valoración no proviene tanto del bienestar material aportado, sino de la reputación social, ya sea en forma de distinción, popularidad, estilo, originalidad o una alta imagen de sí mismo. Sin embargo, la reputación que aporta un bien no es universal, sino que es relativa a la comunidad, a la colectividad. Así, un todoterreno 4x4 con un motor de alta potencia puede aportar prestigio en una comunidad de aficionados al motor, pero rechazo en una de ecologistas. Los consumidores satisfacen sus deseos sociales mediante el consumo de este tipo de bienes. Salvo excepciones, todos los bienes tienen, en mayor o menor medida, una dimensión social, y por consiguiente, son total o parcialmente discretionales.

De esta manera, la influencia social –y, por tanto, la emulación como uno de sus mecanismos más habituales– emerge como un factor decisivo para entender numerosos procesos sociales, como la formación de patrones de consumo, pero también muchos otros, como la difusión de innovaciones, la especulación financiera, las modas, las votaciones políticas o la violencia colectiva. Tanto los factores individuales como los sociales son imprescindibles en la toma de decisiones. Los primeros han sido exitosa y profundamente estudiados hasta la fecha, mientras que la influencia social ha sido tradicionalmente ignorada a causa de los obstáculos analíticos que supone la interdependencia de las decisiones. Centrar el foco de atención hacia las fuerzas sociales podría contribuir a un entendimiento más profundo sobre numerosos procesos que tienen lugar en la sociedad.

Una visión alternativa

Un Sistema Complejo Adaptativo (CAS por sus siglas en inglés) es una entidad formada por una gran cantidad de elementos autónomos y heterogéneos denomina-

dos agentes, que interactúan intensamente entre sí y con el entorno, comportándose como un todo. A pesar de que la estructura interna de estos sistemas (nivel micro) varía constantemente, las propiedades agregadas (nivel macro) se caracterizan por tener largos periodos de equilibrio interrumpidos por periodos breves de gran agitación (cuando el cambio a nivel micro se propaga al macro). Estos sistemas son de naturaleza dinámica y suelen estar caracterizados por la irreversibilidad de su dinámica –conocida como la “flecha del tiempo”– debido a la dependencia altamente no lineal que tienen respecto de sus condiciones iniciales. En suma, son sistemas que evolucionan y co-evolucionan, lo que en algunos casos los pueden llevar a estar permanentemente fuera del equilibrio.

En el mundo financiero, los individuos pueden pensar que el precio de una determinada acción está sobrevalorada, pero mientras no sean muchos de manera coordinada, seguirá subiendo lentamente; el nivel macro del sistema (precio) se mantendrá sin cambios importantes (fase de acumulación). En este punto, algunos empezarán a plantearse que tampoco estaba tan sobrevalorada, y entrarán al mercado, mientras que los que estaban dentro doblarán sus apuestas. Esta coordinación de las expectativas acelera la subida del precio, gestándose una burbuja (fase especulativa), hasta que empieza a crearse un estado crítico de opinión contraria, momento a partir de cuál se produce el estallido (fase de distribución). El nivel micro ha estado siempre en cambio (flujo continuo de inversores), mientras que el macro ha estado caracterizado por un largo periodo de estabilización seguido de breves periodos de gran agitación. Puede parecer una situación rebuscada, pero este comportamiento está presente en muchos procesos sociales, como en las modas, la histeria colectiva, las innovaciones, la opinión pública, etc. De esta manera, la sociedad y la economía (como parte de ella) son sistemas complejos adaptativos y como tales pueden ser estudiados.

Tratar la economía como un sistema complejo adaptativo puede ayudar a superar las limitaciones del enfoque tradicional. La corriente Neo-Schumpeteriana comparte, en alguna medida, esta visión. En ella, es habitual el estudio de los cambios cualitativos producidos en la evolución del sistema económico. El sistema se considera en continua evolución, de manera que no sólo permite explorar los estados de equilibrios, como bien hace el enfoque reduccionista, sino también hacer un seguimiento de sus transiciones. Estos estados de ajustes no tienen menos importancia que los de equilibrio. Primero porque son estados de agitación, cuyo efecto, como sucede en

las crisis económicas, deja una huella imborrable sobre el sistema y los agentes que lo conforman. La segunda razón es que el sistema, o parte de él, puede permanecer largos periodos fuera del equilibrio (en ocasiones, la dinámica puede llevarlo a estar fuera del equilibrio indefinidamente).

La simulación es una metodología que permite explorar sistemas complejos adaptativos, empleando para ello el método abductivo, que se encuentra a medio camino entre las dos formas habituales de hacer ciencia, la experimentación y la deducción. Este enfoque ve el fenómeno bajo estudio como un proceso, no como un sistema estático, de manera que el objetivo no es retratar sus estados de equilibrio estático –que bien podrían ni existir–, sino tratar de desvelar las dinámicas subyacentes que producen las propiedades y que dan forma al comportamiento del sistema. La simulación se basa en construir un modelo que, capturando en esencia el fenómeno bajo estudio, sea más observable que el propio fenómeno. Por ello, la simulación de modelos computacionales es una metodología apropiada si el fenómeno social no es directamente accesible, bien porque ya no exista (como en los estudios arqueológicos) o porque su comportamiento sea tan complejo que el observador no sea capaz de obtener una imagen nítida del funcionamiento del sistema.

El primer paso metodológico consiste en construir un modelo computacional siguiendo un conjunto de especificaciones procedentes de la literatura empírica, no sólo en Economía Experimental, sino también en Psicología y Sociología. Habitualmente son referidas al comportamiento del individuo, pero no siempre. A partir de ellas y mediante simulación computacional se obtienen las propiedades a nivel agregado que se derivan a partir de ellas. Su objetivo es determinar las relaciones micro-macro, generalmente no triviales.

A veces esta metodología es usada con fines prescriptivos, esto es, trata de determinar cuáles son las condiciones suficientes para que se obtenga un resultado dado, un fenómeno. Por ejemplo, cuáles son las condiciones suficientes para que estalle una crisis económica. Esto puede tener una orientación meramente descriptiva, aunque también normativa en el caso de que estemos interesados en determinar qué se debe cambiar a nivel micro (como por ejemplo las regulaciones) para que no se desencadene una situación indeseable. Otras veces se trata de determinar justamente lo contrario, los fenómenos a nivel agregado que se derivan de un conjunto de micro-especificaciones. Por ejemplo, determinar qué implicaciones tiene que la población se vuelva más exigente en el consumo. Ambas hacen alusión a determinar las relaciones

micro-macro que en las aproximaciones tradicionales en Economía se suelen pasar por alto.

En cualquier caso, el siguiente paso es validar empíricamente la dinámica propuesta, esto es, las relaciones micro-macro obtenidas. Este paso es crucial para la utilidad del modelo. Las relaciones ya descubiertas empíricamente y que han sido capturadas por el modelo sin que hayan sido tenidas en cuenta en sus especificaciones sirven para validar la dinámica de manera teórica. Otra forma de validar el modelo consiste en contratar empíricamente alguna propiedad desconocida hasta entonces y diagnosticada teóricamente por el modelo. Una vez validada la dinámica, se pueden realizar experimentos virtuales sin necesidad de recurrir al costoso y, a veces inaccesible, sistema real. Tales experimentos son útiles a la hora de obtener relaciones diagnosticadas teóricamente por el modelo, pero que aún no han sido observadas empíricamente. Estos resultados pueden dirigir la búsqueda empírica, hasta el momento a ciegas, dando lugar a una simbiótica co-evolución entre la investigación teórica y la empírica.

La principal ventaja de la simulación es que nos evita pagar el altísimo tributo en abstracción y simplificación que es necesario para que los modelos sean tratables analíticamente. Sin embargo, tiene algunas limitaciones como la pérdida de rigor y generalidad. La simulación es una metodología de carácter exploratorio, es decir, no pretende demostrar propiedades, como hace la deductiva, sino que provee una forma de refinar una teoría en colaboración directa con el método empírico. Sólo en algunos casos, tras entender el fenómeno en cuestión, se puede simplificar el sistema hasta que sea tratable analíticamente, en cuyo caso, el método deductivo puede recoger el testigo dando un mayor rigor y generalidad a los resultados teóricos que se desprenden del modelo. Se abre así una interesante colaboración entre los métodos deductivos y los exploratorios presentes en la simulación computacional.

En resumen, la simulación es una metodología que más que competir con las ya existentes las complementa, a la vez que es complementada por aquellas, salvando mejor las limitaciones que tiene cada una de ellas al estudiar sistemas complejos adaptativos.

Para la simulación de modelos existen diversos marcos de modelización. Sin ánimo de ser exhaustivos, podemos considerar los siguientes:

- Sistemas de ecuaciones diferenciales ordinarias (ODE) o ecuaciones en derivadas parciales (PDE).
- Autómatas celulares (CA).
- P-Systems.
- Redes de Petri.
- Modelización basada en Agentes (ABM).

La modelización basada en agentes (ABM por sus siglas en inglés) es una metodología interdisciplinar que está cobrando cada vez más fuerza entre los economistas. En términos generales, la ABM permite estudiar sistemas socio-económicos que se pueden describir mediante relaciones micro-macro. El nivel micro está formado por la descomposición del sistema en un conjunto heterogéneo de entidades elementales denominadas agentes (por ejemplo empresas y consumidores), de manera que un mayor grado de descomposición (un enfoque más micro) no ayude a explicar mejor el fenómeno bajo estudio. Las reiteradas interacciones entre dichas entidades a lo largo del tiempo producen cambios en los patrones microeconómicos (por ejemplo, el número de productores o el nivel de consumo). Estos patrones a nivel micro se agregan para generar dinámicas a nivel macro de alguna variable de interés (por ejemplo el índice de Herfindahl). Este enfoque, consistente en la elaboración de modelos computacionales, está basado en la aproximación constructiva o *bottom-up*. El objetivo de esta metodología consiste en describir adecuadamente sistemas complejos y analizar sus propiedades.

Nos decantamos en la presente memoria por emplear el marco basado en agentes (ABM). La elección de este marco de modelización viene motivada por tres ventajas: permite relajar las hipótesis a entera voluntad del investigador, admite un desarrollo iterativo, incrementando las especificaciones conforme se va requiriendo y se puede optar por un diseño modular que se pueda acoplar a otros sistemas abiertos.

Los ABMs están caracterizados por su orientación constructivista (*bottom-up*), su enfoque de sistema complejo adaptativo (CAS), la heterogeneidad de los agentes, la racionalidad limitada, la irreversibilidad de su dinámica y la interacción local de los agentes.

En el ámbito de los sistemas socio-económicos, el meta-modelo ABM tiene la siguiente estructura:

- **Tiempo:** El sistema suele evolucionar en pasos de tiempo discretos $t = 1, 2, 3$, etc.
- **Agentes (o actores):** El sistema está formado por un conjunto de agentes que no tiene por qué ser constante ni homogéneo.
- **Acciones a nivel micro:** Cada agente está caracterizado por un vector de micro-variables que pueden ser modificadas de manera endógena por sus propias decisiones, así como las de los demás (como es el caso de qué, cómo, para quién produce una empresa, así como por otro lado, la decisión de qué y cuánto consumir).
- **Micro-Parámetros:** Son variables asociadas a cada individuo sin que puedan ser modificadas sustancialmente en el horizonte temporal considerado (por ejemplo la productividad, la elasticidad del consumo, los salarios, etcétera).
- **Macro-Parámetros:** Son parámetros poblacionales (es decir, comunes para todos los agentes) y constantes en el tiempo considerado (no modificables). Como puede observarse, la diferencia con los micro-parámetros radica únicamente en que son iguales (mismo valor) para todos los agentes. Si bien, casi todos los macro-parámetros del modelo podrían considerarse como micro-parámetros propios de cada individuo. No obstante, únicamente debe hacerse cuando sea estrictamente necesario, ya que si se convierte cada constante paramétrica en una distribución sobre la población de agentes, se aumenta notablemente la complejidad del sistema. Ejemplos: el tipo de interés del dinero o el número de años de las patentes.
- **Estructura de la interacción:** Un grafo dinámico representa cómo se distribuyen los canales de información e interrelación entre agentes. Indica con quiénes interactúa cada agente y de qué manera (rol). Ejemplos: la cadena de mando militar, las redes comerciales o las redes diplomáticas. Las redes sociales son una abstracción de todas ellas, y pueden integrar distintas actividades en su seno, pudiendo cada agente desempeñar un rol diferente dependiendo de la red a la que se refiera (un comandante en la red militar tiene distinto rol y normas de actuación que en la asociación de padres del colegio de sus hijos).

- Reglas de decisión a nivel micro: Se dota a cada agente de un conjunto de reglas de decisión que determina cómo se comportará y en particular la forma en la que interactuará con los demás. Ejemplos: las decisiones de consumo por parte del consumidor o la fijación de precios por parte del productor. Tales decisiones influyen en las interacciones que tienen lugar entre ambos agentes.
- Variables agregadas: Se obtiene el vector de macro-variables mediante la agregación (medias, sumatorios, etc.) de ciertas micro-variables. Ejemplos: el PIB, la concentración industrial, la demanda agregada, el desempleo, etc.

Contenido de la memoria

La presente memoria consta de tres capítulos. El primer capítulo es autónomo y presenta un modelo estocástico de interacción social basado en la emulación, el segundo se apoya en el modelo anterior para estudiar la difusión de innovaciones y su relación con el uso de las TICs (Tecnologías de la Información y las Comunicaciones), y el tercero vuelve a partir del modelo de emulación para caracterizar la dinámica endógena de la demanda en un mercado de consumo discrecional con productos heterogéneos en sus características. Todos estos sistemas están, en mayor o menor medida, afectados por factores tanto de corte individual como social. Los individuales han sido amplia y exitosamente estudiados a lo largo de los años, mientras que los sociales han sido tradicionalmente ignorados. Nuestro estudio pone el énfasis en estos últimos, revelando la importancia que desempeñan en un gran número de fenómenos.

El modelo básico propuesto en el primer capítulo trata de identificar el proceso por el que surgen y evolucionan las redes sociales. Éstas determinan con quiénes interactúan los individuos en cada momento, parte indispensable para describir desde una perspectiva constructivista sistemas sociales más complejos, como por ejemplo, el voto político, la religión, la difusión de innovaciones, o las decisiones de consumo. La emulación social es uno de los mecanismos más simples y frecuentes de influencia social, que hace que los individuos converjan localmente, se aglutinen, conduciendo a la emergencia de comunidades formadas por individuos afines (en algún sentido) que evolucionan y co-evolucionan continuamente, y que constituyen uno de los elementos más característicos observados en las redes sociales. Las interacciones se concentran entre individuos de una misma comunidad, de manera que estas agrupaciones son fundamentales en todo tipo de decisiones sociales, desde qué coche comprar hasta

qué estudiar o qué valores morales tener. Con un número reducido de hipótesis fundamentadas en la evidencia empírica se captura una dinámica plausible para la creación de redes sociales, que reproduce las propiedades comúnmente observadas en la realidad. La dinámica generadora de redes sociales es el principal objetivo del modelo, pues al ser un sistema endógeno y dinámico que determina cómo interactúan los individuos de una sociedad, es la piedra angular de futuros modelos sociales. No obstante, se obtienen diversos resultados específicos, cerrados y auto-contenidos que responden a algunas preguntas de interés, como por qué en las sociedades humanas emergen comunidades cuyas distribuciones de tamaño están altamente sesgadas, esto es, donde unas pocas comunidades de gran tamaño co-existen con muchas otras marginales. Para determinar la plausibilidad de la dinámica propuesta, se lleva a cabo un estudio empírico sobre 1850 individuos. Éste ayuda, entre otras cosas, a interpretar socialmente los parámetros del modelo y a matizar las implicaciones normativas que se pueden extraer de los resultados, como son las recomendaciones propagandísticas de cara a moldear la opinión pública.

En el segundo capítulo se introduce un modelo estocástico de difusión de innovaciones que dota a los individuos de una racionalidad social basada en mecanismos de emulación para tomar decisiones de consumo (adoptar/dejar de adoptar). El objetivo de tal modelo es el de identificar los factores que influyen sobre la difusión de innovaciones. Nos centramos principalmente en los factores –especialmente el uso de las TICs– que son controlables por los agentes, a fin de obtener unas líneas generales que sirvan de ayuda a empresas e instituciones en la toma de decisiones para difundir un producto innovador. Se determina empíricamente que el uso de las TICs influye en dos parámetros del modelo, lo que nos permite estudiar la influencia de las TICs sobre la difusión de innovaciones. Se obtienen algunos resultados poco intuitivos, como que el uso intensivo de las TICs por parte de la sociedad hace que se reduzca la incertidumbre asociada a la introducción de una novedad al mercado. El menor impacto de la estrategia elegida lleva a que las empresas tengan que invertir menos capital en su campaña de lanzamiento. Este resultado supone una crítica a la supuesta efectividad comercial de los *BigData*, esto es, a la tendencia generalizada de las empresas a recopilar una cantidad enorme de datos sobre sus consumidores potenciales a fin de ajustar lo máximo posible la estrategia a seguir.

Al estudiar los mercados de consumo, es habitual centrarse en el lado de la oferta y en factores del individuo (esto es, sin considerar la influencia social). En el tercer

capítulo, se fija la mirada en el otro lado del sistema, es decir, en los factores de demanda (incluyendo la influencia social) y en sus implicaciones, hasta ahora poco estudiadas. Para ello, se introduce un modelo estocástico que puede ser visto como la formalización de una teoría del consumidor vinculada con aspectos industriales (como la estructura industrial). El comportamiento del consumidor está basado en la evidencia empírica e incluye la influencia social. El énfasis en factores de demanda, especialmente los sociales, complementa los resultados de las teorías que, como suele ser habitual en la tradición, estén centradas en la oferta y/o en factores no sociales.

El modelo introducido caracteriza a un mercado descentralizado de consumo discrecional, donde la influencia social –factor habitualmente ignorado– desempeña un rol decisivo. El estudio se centra en determinar qué propiedades del mercado, habitualmente atribuidas a la oferta, pueden ser explicadas desde el lado de la demanda. Tres parámetros de demanda, como su grado de fragmentación, el nivel de exigencia del consumidor y la fidelidad del consumidor resultan ser decisivos. Siguiendo la evidencia empírica, y en aras de una mayor generalidad, son relajadas algunas de las hipótesis tradicionalmente asumidas, como la existencia de un agente representativo, la racionalidad plena, la homogeneidad del producto y la no existencia de interacción social. Los deseos de consumo no son fijos, sino que evolucionan y co-evolucionan basándose en mecanismos de influencia social. Como el estudio se centra en los mecanismos de la demanda –incluyendo los que moldean la oferta–, se trata de un modelo *demand-driven* a diferencia de los habituales de oferta. Así, como la demanda evoluciona de manera endógena, la oferta también lo hace. Ambas son endógenas.

En nuestro análisis se desvelan mecanismos de demanda capaces de explicar propiedades tradicionalmente atribuidas a la oferta, como la estructura industrial. El modelo es capaz de generar infinitas estructuras industriales como un continuo, en el que las estructuras tradicionales (monopolio, oligopolio convencional, oligopolio con empresa dominante, competencia...) son incorporadas como casos particulares. Por otra parte, el modelo es capaz de reproducir 14 patrones conocidos en la literatura, como la curva en forma de S en la tasa de adopción o el ciclo de vida industrial, otorgando plausibilidad a la teoría subyacente, que puede ser vista como una nueva formulación de la conducta del consumidor capaz de crear y transformar la oferta. También se obtienen nuevos resultados teóricos. Por una parte, se diagnostican teóricamente nuevas causas que expliquen la aparición de algunos patrones que, como la

fase de turbulencias, no están presentes en todas las industrias. Por otra, se obtienen patrones que no han sido aún observados, señalando algunas de sus posibles causas. El principal es un patrón sobre la influencia no lineal de la exigencia del consumidor en el número de productores y la concentración industrial. Este indocumentado e inesperado patrón es validado con datos de la industria real, alentando la búsqueda empírica de trabajos futuros.

El modelo inicial de emulación también puede ser utilizado como base para estudiar otros sistemas donde la emulación tenga un papel central, como las dinámicas presentes en los mercados financieros, en las inversiones industriales, en la opinión pública o incluso en las votaciones políticas. No obstante, los tres modelos son extensibles para estudiar otros fenómenos. Por ejemplo, la distribución de la riqueza puede estudiarse a partir del modelo de consumo tras introducirle algunas componentes financieras. Es decir, estos modelos no son trabajos de investigación cerrados, sino las primeras piedras sobre los que edificar una prometedora línea de investigación con largo recorrido, tanto teórico como experimental.

Capítulo 1

Un modelo de interacción social basado en la emulación

El ser humano, como ser social, tiende a alinear su comportamiento y creencias con aquellos con los que interactúa localmente, llevándolo más allá del comportamiento optimizador que habitualmente es identificado con lo racional. La emulación, entendida como un acto de alineamiento, es habitual en contextos de alta incertidumbre, aunque no necesariamente. Un problema mal definido, la racionalidad limitada del agente y la información imperfecta, son sólo algunos de los motivos que lleva a que el agente emplee la emulación como “estrategia” para enfrentarse a la incertidumbre. Esta estrategia puede ser inconsciente o consciente, automática o controlada, emocional o meditada. Sin embargo, la emulación no debe considerarse irracional. A veces emular el comportamiento de los demás, sus creencias, sus actitudes o sus preferencias puede ser positivo –incluso sin entender el motivo–, pues a menudo son el resultado de la adaptación de un colectivo a un determinado entorno o a información privada no contemplada por el agente (Axelrod (1986); Frith y Frith (2008)).

La emulación es uno de los mecanismos más simples y habituales de influencia social. El fenómeno de la moda sólo puede ser explicado como resultado de decisiones basadas en la adopción de patrones de comportamiento predeterminados. Sin embargo, no es el único, la emulación también juega un rol esencial en otros procesos sociales. Algunos ejemplos son: la especulación financiera (Sornette et al. (2009); Shiller (2000); Shiller (2002)), la histeria y violencia colectiva (Kumar (2007)), la

difusión de innovaciones e ideas (Kenrick et al. (2002)), el voto político (Battaglini (2005)), las preferencias de consumo (Salganik et al. (2006); Chen (2008)), los estilos de vida (Christakis y Fowler (2007)), la emergencia y evolución de los idiomas (Cucker et al. (2004)) y los atascos de tráfico (Dyer et al. (2008)). El número de procesos sociales que presentan patrones de organización sin coordinación centralizada, como resultado de la existencia de mecanismos de emulación, es creciente en un mundo cada vez más interconectado (Raafat et al. (2009)).

Las sociedades humanas están caracterizadas por un conjunto de comunidades que co-evolucionan, cuyos miembros tienen opiniones, creencias o gustos muy similares entre sí, pero a la vez diferentes con respecto a la media de la sociedad (Schelling (1969); Stauffer y Solomon (2007)). En los ámbitos de opinión, la homofilia, entendida como una mayor propensión del individuo a interactuar con aquellos que son más similares, es el mecanismo que lleva a los individuos a agruparse en comunidades (Kandel (1978); Mcpherson et al. (2001); Galam (2005); Centola et al. (2007)). En el presente trabajo, explicaremos este fenómeno en un contexto más amplio.

¿Se pueden explicar las propiedades de estos fenómenos a partir de reglas de comportamiento a nivel de individuo? ¿Podemos entender estos procesos sociales como procesos de co-evolución? ¿Cuáles son sus consecuencias? ¿Por qué surgen múltiples comunidades (tendencias en un sentido más general), pero habitualmente sólo unas pocas tienen relevancia social? ¿A qué se debe el bipartidismo? ¿Cuál es el motivo por el que la tendencia dominante pasa a un segundo plano, mientras que otras minoritarias o secundarias toman el relevo? O como plantea Deffuant et al. (2002), ¿Cómo puede suceder que tendencias que son inicialmente marginales, se conviertan en la norma para una gran parte de la población? La historia universal cuenta con innumerables casos donde se observa cómo pequeñas minorías consiguen atraerse a las mayorías con cierta rapidez. Alemania en los años 30 es un ejemplo dramático de tal proceso, pero uno puede pensar en procesos menos dramáticos, como por ejemplo la opinión sobre el aborto o el divorcio en Francia. Hace 50 años, las posiciones a favor eran consideradas como extremas, y sin embargo, hoy en día, esta posición otrora extrema, ahora es cuasi-unánimemente adoptada por toda la población (Deffuant et al. (2003)). En todos estos procesos parece razonable considerar que el cambio social se produce a nivel de individuo. Éstos sufren pequeños y reiterados cambios motivados por la influencia social (Deffuant et al. (2003)). Esta influencia social puede ser vertical, esto es, cuando gran parte de la sociedad se ve

afectada por un único agente de gran importancia (religiones, medios de comunicación o gobiernos pueden desempeñar este papel), lo que implica que los agentes tienen acceso a información global; o bien, puede ser horizontal, esto es, que los agentes interactúan mutuamente y sólo disponen de información local (Gargiulo y Mazzoni (2008)).

En la literatura se puede encontrar un gran número de modelos de interacción e influencia social horizontal, aunque la mayoría de ellos se centran en la opinión pública. Nuestro modelo comparte características de muchos de ellos (Kulakowski (2009); Malarz et al. (2011); Gargiulo y Mazzoni (2008); Deffuant et al. (2000); Deffuant et al. (2002); Weisbuch y Boudjema (1999); Axelrod (1997); Galam (1997); Latané y Nowak (1997); Orlean (1995); Arthur (1994)), pero generalizando los resultados de otros estudios (Malarz et al. (2011); Gargiulo y Mazzoni (2008); Mark (1998); Axelrod (1997)). Además, el modelo no sólo explora las condiciones que llevan al consenso (cuestión recurrente en el área de la opinión pública), sino que también arroja algo de luz sobre otras cuestiones de interés, como la identificación del factor principal del que dependen el número y la distribución de tamaños y características de las tendencias de una sociedad, así como las causas por las que algunas tendencias se convierten en dominantes, señalando a la innovación como colaborador necesario en todas estas cuestiones.

En este capítulo introducimos un modelo computacional estocástico que capture las características básicas de la influencia social, en forma de emulación, común a todos aquellos procesos. Éste considera una población de agentes (individuos, familias, empresas, etc.), cada uno definido por un conjunto de características bajo estudio, que pueden representar gustos, deseos, estilos de vida, creencias u opiniones. Estas características establecen un espacio de características, en el que todo agente es representado por la posición que ocupa en él, a la que denominaremos posición social o simplemente posición. Basándonos en la evidencia empírica, consideramos que los agentes pueden cambiar su posición por factores internos (innovación intelectual) o por influencia social horizontal (al emular a otros).

Diversos estudios de Psicología sugieren que el grado de similitud interpersonal es una forma de distancia social que influye en las decisiones y en el comportamiento de los individuos (Liviatan et al. (2008)). En concreto, se ha demostrado que cuanto mayor sea la similitud, mayor será la atracción entre individuos (Berscheid (1985); Byrne (1971); Byrne et al. (1966); Byrne (1997)). En el modelo, se representa la

distancia social como aquella existente entre las posiciones de los agentes en el espacio de características. Así, se considera que las interacciones entre agentes son más probables cuanto más cerca estén entre sí. Tras interactuar, los agentes se aproximan mutuamente reduciendo la distancia entre ellos. Sin embargo, el movimiento no es simétrico, sino que depende de la visibilidad relativa, esto es, de la influencia social de ambos agentes (Cowan et al. (1997)), aunque sin importar quién inicie la interacción. Como se puede apreciar, la distancia social entre los agentes (en un espacio n -dimensional) y la visibilidad social (en términos absolutos y relativos) tienen un papel clave en el modelo.

El modelo considera sólo un pequeño número de parámetros e hipótesis para mantener un alto nivel de abstracción. Concretamente, siguiendo a Gargiulo y Mazzoni (2008), el grado de localidad y la intensidad de la emulación están representados por dos parámetros (α y β), mientras que el nivel de innovación de la sociedad por el parámetro p . A pesar de su simplicidad, el modelo es capaz de reproducir patrones bien conocidos en procesos sociales, como las apariciones, las extinciones, los resurgimientos, las fluctuaciones y las luchas por el liderazgo de las áreas de tendencias (véase la explicación más adelante). La dinámica aproxima correctamente la realidad, al producir resultados acordes con los observados empíricamente. Explica el número de tendencias, su distribución en tamaños y geométrica sobre el espacio de características, lo que aplicado al ámbito político, revela por qué surge el bipartidismo y por qué éste suele estar formado por partidos de centro.

1.1. Planteamiento del modelo

Se considera una sociedad formada por una población constante de N agentes homogéneos –salvo por su posición inicial que es aleatoria– con comportamiento estocástico. Los agentes son definidos por un conjunto de características que pueden representar diversas realidades, según sea el proceso específico bajo estudio, así como del grado de detalle considerado. Nótese que un agente puede representar a un individuo o grupo de éstos, siempre que sea homogéneo respecto a las características medidas, dependiendo por tanto, del proceso particular a modelizar. Todas las características están normalizadas a $[0, 1]$, donde 0 indica que el agente no presenta la característica en ningún grado, mientras que 1 es lo opuesto (Randow (2003); Deffuant et al. (2002); Said et al. (2002)). Algunos ejemplos de características que

representen gustos o preferencias de los agentes pueden ser la proporción de salario gastado en consumo, la proporción de gasto público, la proporción de gasto público dedicado a educación, el grado de violencia de un videojuego, la frecuencia con la que se asiste a eventos deportivos, la proporción del tiempo diario dedicado a leer periódicos, el grado de pertenencia a una religión o el nivel de inversión de una empresa en I+D.

De esta forma, cada agente X_i , en cada periodo discreto t , es representado por su posición $x_i(t) = (x_i^1(t), \dots, x_i^n(t))$ sobre el espacio de características, donde $x_i^k(t) \in [0, 1]$ mide la intensidad relativa de la característica k del agente X_i durante el periodo t (Randow (2003); Deffuant et al. (2002); Said et al. (2002)). Así, el espacio de características se define como $S = [0, 1]^n$ si éstas no están correlacionadas; en caso contrario, sería un subconjunto de S cuya forma geométrica dependería del tipo de correlación (para evitar trabajar con variables correlacionadas se puede recurrir a un análisis factorial). Otras restricciones sobre el espacio de características también pueden reducir el espacio inicial a un subconjunto suyo. Un ejemplo de restricción es considerar que todas las dimensiones deben sumar uno.

La distancia entre cada par de agentes se llama “distancia social” y mide el grado de similitud entre ellos (Liviatan et al. (2008)). En este capítulo usamos generalmente la métrica euclídea, aunque de acuerdo con las características específicas de cada proceso, otras métricas podrían ser más convenientes.

Un grupo de agentes suficientemente cercanos entre sí forman una tendencia (comunidad), cuyo peso dependerá de su número de miembros. Además, el espacio n -dimensional de características se divide en regiones llamadas “áreas de tendencias”. Éstas representan categorías de tendencias similares y pueden ser ocupadas (o no) por tendencias en cualquier momento. Cada dimensión del espacio se ha dividido en partes iguales de manera que cada tendencia pertenece a una y sólo una.

El comportamiento del individuo es representado por las decisiones que están involucradas en la modificación de su posición en el espacio de características, siendo caracterizado por tres hipótesis procedentes de estudios empíricos a las que nos referiremos de ahora en adelante como “las hipótesis del modelo”:

1. Mecanismos de influencia social¹ basada en la emulación (Gargiulo y Mazzoni (2008); Randow (2003); Deffuant et al. (2002)):

- a) La localidad de la emulación o afinidad (Cowan et al. (1997); Mark (1998)) determina cuándo interactúan los agentes, haciendo que la probabilidad de que dos agentes interactúen sea mayor cuanto más similares sean. Este factor se ha estudiado ampliamente en la literatura. En los modelos de Axelrod (1997) y Carley (1991) se emplea un factor similar denominado homofilia, debido al cual, los agentes con un mayor grado de similitud tienden a interactuar con mayor frecuencia. Relativo a la literatura de Psicología, se encuentran estudios que le dan fundamento y consistencia a dicho factor. En este sentido, Dörner (1999) indica que los individuos tienden a formarse creencias rápidamente a partir de poca evidencia. Pero una vez formadas, tienden a ignorar toda evidencia que las contradiga. Este comportamiento lleva a que los individuos tiendan a evitar o ignorar situaciones fuera de lo habitual, donde se ponga en entredicho sus creencias.
- b) La intensidad de la emulación (Corneo y Jeanne (1999)) captura cómo será la interacción entre agentes. Ésta consiste en que los agentes se vuelven más similares tras interactuar, produciéndose un acercamiento no simétrico, donde el agente más visible/famoso/prestigioso tiene un mayor poder persuasivo para atraer al otro hacia su posición. Este factor también ha sido ampliamente estudiado en la literatura. En los modelos de Axelrod (1997) y Carley (1991) se encuentra algo similar, la influencia local, mediante la cual, cuanto más interactúen los agentes, más similares se vuelven². En la literatura de Psicología también se encuentra base conceptual, señalando que la experiencia, la observación o la comunicación pueden aportar a los individuos información nueva en base a la cual cambiar sus creencias y comportamientos (Anderson (2000)).

2. Mecanismos no sociales, es decir, aquellos que son internos al individuo, y por

¹Sólo se considera la influencia social horizontal, no la vertical.

²En algunos estudios se ha señalado que puede existir un efecto de diferenciación en las relaciones sociales, haciendo que los individuos tiendan a diferenciarse en vez de hacerse más similares tras la interacción. No obstante, no se ha considerado en nuestro modelo, pues se ha optado por considerar las hipótesis, que siendo las más simples, tengan un amplio respaldo en la literatura.

tanto, no se deben a la influencia de su entorno social. El factor innovación captura la idea de que el agente por voluntad propia pueda romper con su entorno social (Witt (2001); Mark (1998); Said et al. (2002)). Este factor representa la capacidad de innovación de los individuos, que a su vez está vinculada a la libertad de decisión y de pensamiento. Socialmente puede ser visto como el acceso a información global e independiente de su entorno social. Conviene aclarar, que este factor tiene una segunda interpretación que es meramente instrumental, esto es, se puede considerar como una forma de reflejar las perturbaciones aleatorias³, el error muestral⁴ o la influencia de otras variables no contempladas en el modelo.

Las características de los agentes, y por tanto, las tendencias en la sociedad, evolucionan a lo largo del tiempo por la interacción con otros agentes similares (vía emulación local) y/o por su propia iniciativa (vía innovación). Nótese, por tanto, que los agentes no reaccionan en base a ningún mecanismo de racionalidad⁵.

1.2. El modelo formal

Se introduce un modelo computacional donde los individuos se aglutinan en comunidades que emergen endógenamente y co-evolucionan estocásticamente a partir de mecanismos de influencia social (emulación). El modelo consta de cuatro parámetros. El parámetro N es el más obvio, y representa el número de agentes del sistema, mientras que los otros tres (α , β y p), así como las principales características del modelo, son el reflejo formal de las tres hipótesis de partida ya comentadas. A cada una de ellas se le dará una forma funcional concreta que, siendo lo más simple posible, verifique las propiedades expresadas verbalmente en la literatura. Cualquier otra expresión que verifique las propiedades perseguidas sería igualmente válida y las conclusiones deberían ser cualitativamente similares.

³El proceso real es estocástico.

⁴Ninguna muestra de individuos es homogénea.

⁵El modelo no supone hipótesis “heroicas” como racionalidad de los individuos o la coordinación de ningún agente poderoso (influencia vertical) para explicar el origen de los patrones objeto de estudio.

1.2.1. Localidad de la emulación (afinidad)

“La probabilidad de que dos agentes interactúen es mayor cuanto más similares sean”

En Psicología el grado de similitud personal se considera una forma de distancia social que influye en las decisiones y comportamientos de los agentes (Liviatan et al. (2008)). Cuanto más parecidos son dos agentes, mayor es la frecuencia (probabilidad) con la que interactúan (Axelrod (1997); Cowan et al. (1997); Mark (1998); Centola et al. (2007)). Dörner (1999) considera que los individuos tienden a desarrollar expectativas sin mucha base, pero después tienen la habilidad de ignorar toda evidencia que contradiga sus creencias. Este comportamiento lleva a que los individuos tiendan a evitar o ignorar situaciones en las que se cuestionen sus creencias⁶.

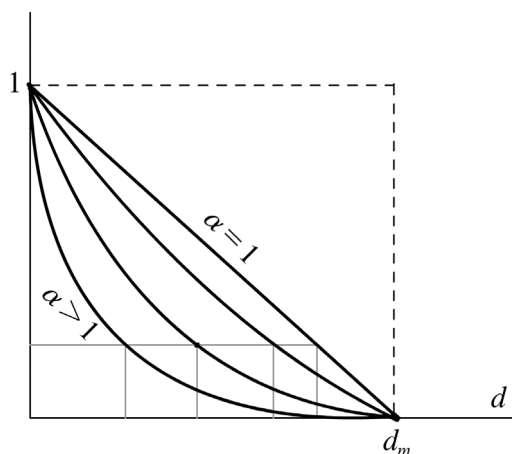
Así, la afinidad (Cowan et al. (1997); Mark (1998)) se ocupa de cuándo pueden interactuar los agentes. A medida que más cerca estén, mayor será la probabilidad de que interactúen mutuamente. Es decir: dados dos agentes X_i y X_j (con posiciones $x_i(t)$ y $x_j(t)$ en t respectivamente), la distancia social (euclídea) entre ellos se denota por $d_{ij}(t) = ||x_i(t) - x_j(t)||$, de manera que la probabilidad de interacción entre los agentes X_i y X_j en t se modela como:

$$P_{ij}(t) = P_{ji}(t) = \left(1 - \frac{d_{ij}(t)}{d_m}\right)^\alpha, \quad (1.1)$$

donde d_m es la máxima distancia a la que dos agentes pueden estar, y $\alpha \geq 1$ es un parámetro que regula el grado de localidad de la emulación (afinidad). Fijada una distancia, cuanto mayor sea α , menor será la probabilidad de interacción, que implica que la emulación será más local. En aras de la simplicidad, asumimos que α es contante en el tiempo e igual para todos los agentes.

La figura 1.1 muestra el funcionamiento de la regla (1.1) al incrementar los valores de α . Para cualesquiera sean los valores de α y t , tenemos las siguientes propiedades: $P_{ij} \rightarrow 1$ si $d_{ij} \rightarrow 0$, mientras que $P_{ij} \rightarrow 0$ si $d_{ij} \rightarrow d_m$, siendo P_{ij} decreciente y convexa en d_{ij} , es decir, un pequeño cambio en la distancia d_{ij} cambia la probabilidad de interacción P_{ij} de manera más dramática para valores pequeños de d_{ij} .

⁶Individuos muy diferentes con otras opiniones o creencias.


 Figura 1.1. Efecto del parámetro α

Además, al aumentar α , se requieren distancias menores para mantener constante la probabilidad de interacción P_{ij} . Es decir, fijada una probabilidad P_{ij} , el radio de interacción de un agente dado es $[0, R_\alpha]$, donde R_α decrece cuando α aumenta. De esta manera, al aumentar α , la afinidad tiene un carácter más local.

1.2.2. Intensidad de la emulación

“Tras interactuar, los agentes se acercan, esto es, se vuelven más similares. El acercamiento no es simétrico, el agente más visible, famoso y/o prestigioso tiene un mayor poder persuasivo”

Una vez que los agentes interactúan, se aproximan mutuamente, volviéndose más similares (Castellano et al. (2009); Deffuant et al. (2000)). Sin embargo, el movimiento no es simétrico, sino que el agente más visible, famoso o prestigioso tiene un mayor poder persuasivo, como se sugiere en Corneo y Jeanne (1999) y Deffuant et al (2002). Para formalizar esta hipótesis, definimos la visibilidad del agente X_i en t con la expresión:

$$V_i(t) = \frac{\text{\#interacciones (aristas) del agente (nodo) } X_i \text{ en } t}{\text{\#interacciones (aristas) totales en } t} \quad (1.2)$$

Nótese que, $V_i(t) \in [0, 1]$, con $V_i(t) = 0$ si el agente X_i no interactúa en t , y $V_i(t) = 1$ si todas las interacciones del sistema han sido llevadas a cabo por dicho agente en t . Así, un agente es más visible cuanto mayor proporción de interacciones

tenga en el sistema en t . Dados dos agentes X_i y X_j , las visibilidades relativas en t del agente X_i al X_j y del X_j al X_i son denotadas respectivamente por:

$$V_{i/j}(t) = \frac{V_i(t)}{V_i(t) + V_j(t)}, V_{j/i}(t) = \frac{V_j(t)}{V_i(t) + V_j(t)} \quad (1.3)$$

Estas visibilidades relativas determinan el movimiento (distancia cubierta) de los agentes X_i y X_j en el “step” t , que se produce a lo largo del segmento (arista) que une los puntos $x_i(t)$ y $x_j(t)$ como sigue:

$$\begin{aligned} x_i(t+1) &= x_i(t) + m_{ij}(t) \cdot [x_j(t) - x_i(t)], \\ x_j(t+1) &= x_j(t) + m_{ji}(t) \cdot [x_i(t) - x_j(t)], \end{aligned}$$

donde $m_{ij}(t), m_{ji}(t) \in [0, d_{ij}(t)]$ vienen dados por:

$$m_{ij}(t) = (V_{j/i}(t))^\beta \cdot d_{ij}(t), m_{ji}(t) = (V_{i/j}(t))^\beta \cdot d_{ij}(t), \quad (1.4)$$

siendo $\beta \geq 1$ un parámetro constante para cada agente y periodo, que controla la intensidad de la emulación.

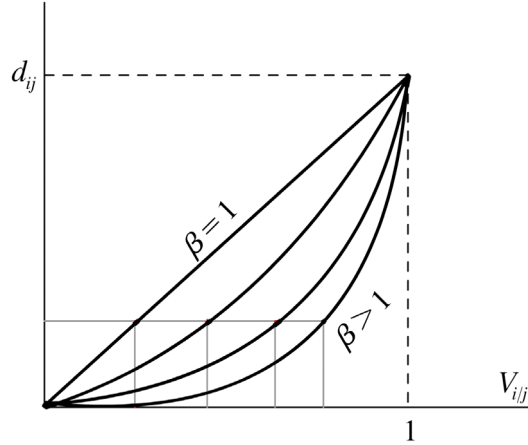


Figura 1.2. Efecto del parámetro β

Nótese que $m_{ij}(t) + m_{ji}(t) \leq d_{ij}(t)$, de manera que la distancia entre los agentes X_i y X_j es siempre menor o igual⁷ con cada interacción, esto es, $d_{ij}(t+1) \leq d_{ij}(t)$.

⁷Menor estricto si $\beta > 1$.

Nótese también que, si el agente X_j tiene una visibilidad relativa mayor que X_i en t ($V_{j/i}(t) > V_{i/j}(t)$), el agente X_i será más atraído hacia X_j que éste sobre el primero ($m_{ij}(t) > m_{ji}(t)$). Además, dada la no linealidad de las expresiones de $m_{ij}(t)$ y $m_{ji}(t)$, cuando β crece, se requiere una visibilidad relativa mayor para obtener la misma cantidad de movimiento relativo⁸ (ver la figura 1.2).

1.2.3. Innovación

“El agente puede cambiar aleatoriamente su posición social debido a factores ajenos a la interacción social”

La emulación, en la forma en la que se ha definido, siempre produce (con mayor o menor probabilidad) que los agentes se acerquen unos a otros, generando así una dinámica contractiva que a largo plazo hace que todas converjan en una sola tendencia (con una velocidad de convergencia que depende de los parámetros α y β). Es decir, toda la diversidad desaparece emergiendo al final una única tendencia formada por todos los agentes.

Con el fin de contrarrestar esta dinámica contractiva y hacerla realista, se introduce un mecanismo observado en la realidad, consistente en la posibilidad de que los agentes puedan cambiar su posición social por razones más allá de la interacción social. De este modo, la capacidad de innovación de los agentes (Said et al. (2002); Witt (2001); Mark (1998)), está íntimamente relacionada con la libertad de elección y de pensamiento; y también juega un rol importante en el modelo. Por lo tanto, se asume que la innovación es el resultado de un proceso de exploración individual, no relacionada con los mecanismos de interacción social. Concretamente, se considera que, una vez finalizado el proceso de emulación, cada agente X_i con cierta probabilidad $p \geq 0$, decide romper con su entorno social cambiando la posición $x_i(t)$, que tenía al final del periodo t , a otra no correlacionada con la anterior $x_i(t+1)$, calculada a partir de una variable aleatoria n -dimensional con distribución uniforme continua sobre el espacio social de características $S = [0, 1]^n$. De esta forma, el parámetro p controla la proporción de agentes que innovan por periodo, esto es, el nivel de innovación radical (no incremental) en la sociedad. De manera más

⁸Considerar que $\beta \geq 1$ implica que las funciones m_{ij} y m_{ji} son crecientes y convexas en $V_{j/i}$ y $V_{i/j}$ respectivamente.

formal, es conocido que el estado de un agente X_i en t , es representado por el punto x_i en el espacio de características S :

$$x_i(t) = (x_i^1(t), \dots, x_i^n(t)) \in S \quad (1.5)$$

y si el agente X_i innova (ocurre con probabilidad p), se actualizará al estado:

$$x_i(t+1) = (x_i^1(t+1), \dots, x_i^n(t+1)) \in S, \quad (1.6)$$

donde cada componente $x_i^k(t+1)$ se calcula a partir de una distribución uniforme aleatoria continua entre 0 y 1, y por tanto, $x_i(t+1)$ no guarda ningún tipo de correlación con la posición anterior.

1.2.4. La estructura social de interacción

Todo lo anterior define las reglas que caracterizan la evolución de la red social de interacción, que formalmente no es más que un grafo dinámico. En cada periodo discreto de tiempo es posible más de una interacción social. Se emplea la regla de actualización aleatoria asíncrona (Miller y Page (2004)), RAU del inglés *asynchronous-random updating*, que es una buena aproximación del tiempo continuo. Se implementa ordenando aleatoriamente todos los posibles pares (X_i, X_j) de agentes (nodos en el espacio de características), de manera que el periodo de tiempo discreto es dividido en *steps*, donde sólo se puede llevar a cabo una interacción potencial. Entonces se comprueba si la interacción entre ellos (que ocurre con probabilidad P_{ij}) realmente tuvo lugar. En dicho caso, se crea una arista (no dirigida) que una a ambos nodos X_i y X_j , que permanecerá hasta la siguiente comprobación de la arista. En caso de no haber interacción (que ocurre con probabilidad $1 - P_{ij}$), no existirá ninguna arista entre X_i y X_j hasta la siguiente comprobación (actualización). Nótese que cada arista potencial se actualiza una vez por periodo. El periodo de tiempo discreto finaliza tras $\binom{n}{2} = \frac{1}{2}n(n-1)$ steps de interacciones potenciales (aristas no dirigidas) y los últimos n steps de innovaciones potenciales de los agentes (una por cada agente y periodo). Nótese también que todas las aristas son no dirigidas, es decir, la arista (X_i, X_j) es la misma que la (X_j, X_i) , lo único que cambia es quién inicia la interacción, que a efectos del modelo no reviste mayor importancia. Para ver todo el proceso con mayor detalle y entender mejor el resto del capítulo,

es recomendable leer previamente el pseudo-código del modelo que se encuentra en el apéndice.

1.3. Implementación del modelo

Para conocer las propiedades límite, se debe estudiar el sistema en el estado asintótico, esto es, para $t \rightarrow \infty$. El carácter computacional del modelo impide alcanzarlo, con lo cual se simulará hasta llevarlo al estacionario. Durante el transitorio, las propiedades límite fluctúan notablemente hasta alcanzar el estacionario, donde permanecen casi constantes. Sin embargo, las propiedades que representan el estado del sistema nunca se estabilizan totalmente, ya que el modelo considerado es de naturaleza estocástica y está sujeto a una continua evolución. Debido a ello, se debe encontrar un t suficientemente grande, pero relativamente pequeño a fin de que sea computacionalmente viable, que garantice que se ha producido el cambio de fase del transitorio al estacionario. Esto se consigue tomando una muestra significativa de los últimos periodos simulados, de manera que si el error estándar es suficientemente pequeño se considerará que las propiedades ya se han estabilizado suficientemente, y por tanto, que éste se encuentra en el estacionario. Este es un proceso bien conocido (véase Deffuant et al. (2000)).

Conocidos los valores paramétricos y las propiedades a estudiar, se determina empíricamente el número de periodos a descartar para evitar el transitorio, esto sucede para $t > 4000$, momento a partir del cual se obtienen errores estándar aceptables para los siguientes 2000 periodos⁹. De esta manera, para estudiar las propiedades del sistema en el asintótico, se considerará el valor medio obtenido en los periodos $t \in [4001, 6000]$.

Uno de los objetivos del estudio es determinar cómo se comporta el sistema en función de sus valores paramétricos. Dado que es un modelo computacional estocástico, por cada combinación dada de valores paramétricos, se hacen 50 realizaciones de las condiciones iniciales para obtener el valor medio de cada propiedad del sistema,

⁹De esta manera, eliminamos los periodos de la fase de transición y nos quedamos únicamente con el estacionario. La desviación estándar (en t) es usada para comprobar si el número de iteraciones es suficiente para mantener estables las propiedades emergentes.

reduciendo el impacto del azar en los resultados. De esta manera, por cada combinación paramétrica se obtiene el valor de cada propiedad en el asintótico calculada como la media de las 50 realizaciones, cada una compuesta de 2000 periodos estables. En adelante, emplearemos el término e_k para referirnos a la realización k-ésima.

Al final de cada periodo, se desea cuantificar dos propiedades que son claves en el estado del sistema, la primera es el número de tendencias que surgen endógenamente y la segunda es la distribución de sus tamaños. Para ello, no se tendrá en cuenta ninguna estructura topológica, ya que ésta es efímera y carece de importancia para el estudio planteado¹⁰. Partiendo de la idea de que una tendencia está formada por agentes con menor distancia social entre ellos que entre los que pertenecen a otras, surge de manera natural aplicar un análisis clúster jerárquico¹¹. El método elegido no influye en los resultados debido a que en el asintótico todas las comunidades son claramente diferenciables, concentrándose todos sus miembros en un único punto.

Se llevan a cabo dos análisis complementarios¹²: uno para las tendencias y otro para las áreas de tendencias. Las siguientes propiedades, calculadas al final de cada periodo, caracterizan el estado del sistema por lo que son de especial interés para el análisis de tendencias:

- El número de tendencias representativas (aquellas cuyo tamaño sea mayor que cierto umbral, establecido al 5 % de la población).
- El tamaño medio de las tendencias representativas.
- El coeficiente de Gini¹³ como medida de la desigualdad entre los tamaños de las tendencias (sean representativas o no). También se incluyen diagramas de tamaño/ranking para mostrar la desigual distribución de las tendencias representativas.
- El índice de dinamismo $Id(t)$. Se introduce este índice para cuantificar cómo

¹⁰La estructura de red sólo se usa para computar la visibilidad de cada agente en cada momento.

¹¹Usamos análisis clúster jerárquico aglomerativo con *average linkage criterion* y distancia euclídea, cortando el dendograma en un nivel de similitud de 0.1.

¹²En realidad hay un tercero que consiste en ajustar el modelo a datos experimentales.

¹³El coeficiente de Gini es una medida de dispersión estadística, usada habitualmente como medida de la distribución desigual de los ingresos o la riqueza. Un coeficiente de Gini de 0 expresa una igualdad perfecta, mientras que un coeficiente de Gini de 1 expresa la máxima desigualdad entre valores (por ejemplo, donde sólo un individuo concentra todo la riqueza).

de dinámico es el sistema social. Se define como el número de cambios en el ranking de tendencias representativas entre periodos consecutivos. Concretamente, al final de cada periodo se ordenan las tendencias representativas por tamaño y entonces se calcula el número de cambios de posición entre cada par de periodos consecutivos (número de permutaciones entre los rankings). Cuando se considere un intervalo temporal, se computará el número total de cambios acaecidos en dicho intervalo.

Aunque otras particiones (diferente número de divisiones, tamaño y forma) son posibles, se divide cada dimensión del espacio de características en 5 partes de igual tamaño¹⁴. Como resultado se obtienen 25 áreas de tendencias cuadradas, para las que se estudian las siguientes propiedades al final de cada periodo:

- La evolución de la proporción de individuos que tiene cada área. Cada realización tiene una evolución particular, por lo que al agregar varias, surgen efectos compensatorios que inutilizan el análisis. A fin de evitarlos, se tiene en cuenta una única realización e_k .
- El peso de cada área de tendencia, que representa la probabilidad de que un agente se encuentre en un área de tendencia dada en un periodo determinado. Se calcula el número de agentes que tiene cada área en cada periodo y realización, después se normaliza para que el peso de todas las áreas sumen uno.
- La probabilidad de que cada área se convierta en dominante. Un área se considera dominante, si es la que tiene un mayor número de agentes en una realización y periodo concreto. De este modo, se contabiliza el número de veces que cada área ha sido dominante en cada periodo y realización. Normalizando los datos se obtiene la probabilidad de que un área se convierta en dominante en un periodo determinado.

¹⁴De manera similar a la escalas Likert de 5 niveles, comúnmente utilizadas en cuestionarios con el típico formato: totalmente en desacuerdo, desacuerdo, ni de acuerdo ni desacuerdo, de acuerdo, totalmente de acuerdo.

1.4. Análisis de las tendencias

Dado que α, β, p y N son los parámetros del sistema, la exploración del espacio de parámetros se realizará mediante cuatro escenarios, cada uno para analizar el efecto de un parámetro, dando lugar a un total de $(21 \cdot 4 + 11 \cdot 4 + 9 + 65) \cdot 50 \cdot 6000 = 60,600,000$ periodos de simulación entre todos los escenarios. Los rangos de los valores paramétricos se han elegido de manera que se obtengan todos los posibles regímenes (sólo una tendencia representativa, unas cuantas de ellas o un estado con una gran polarización de tendencias). Los parámetros que no se pretenden explorar en un escenario dado se fija a sus valores por defecto, empleando el criterio anteriormente descrito, que son $\alpha = 18$, $\beta = 6$, $p = 0.003$ y $N = 75$. Por motivos de simplicidad computacional y a efectos visuales, dichos escenarios serán para un espacio de características bidimensional¹⁵.

El análisis se realiza en base a las medias con sus respectivas desviaciones estándar, respecto de t , así como de las distintas realizaciones. No obstante, como en los dos primeros escenarios se hace variar un parámetro para valores particulares de otro, la visualización se hace engorrosa. Debido a ello, y dado que la desviación estándar es pequeña, tanto respecto de t como de e , el estudio se hace en base a las medias muestrales para los dos primeros escenarios, mientras que para los dos últimos se le añade la desviación estándar respecto de e . En todos los casos, la desviación estándar respecto de t es utilizada para comprobar si el número de periodos considerados pertenecen al estacionario, esto es, si las propiedades emergentes permanecen estables.

Los siguientes resultados sugieren que sólo α y p son parámetros relevantes para la dinámica, mientras que β y N tienen un efecto menor, básicamente relacionado con la velocidad de convergencia hacia el estado asintótico del sistema.

Primer escenario

En este escenario, p varía para cuatro valores de α . Concretamente, se considera:

¹⁵Aunque se han analizado también para otras dimensiones.

- $p \in [0, 0.02]$ con paso de 0.001
- $\alpha = \{10, 14, 18, 22\}$
- $\beta = 6$
- $N = 75$

Los resultados obtenidos se muestran en las figuras 1.3, 1.4, 1.5 y 1.6. Para $\alpha \leq 10$ y $p \in [0, 0.02]$ el sistema siempre exhibe un proceso de homogenización (con sólo una tendencia representativa). Mientras que para $\alpha > 10$ es posible un proceso de diversificación (existencia de diversas tendencias representativas).

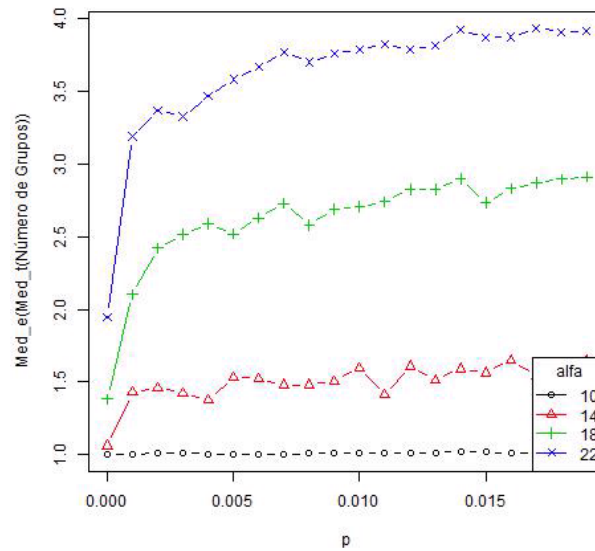


Figura 1.3. Número de tendencias en función de p

Como se puede apreciar en las gráficas 1.3, 1.4 y 1.5, el proceso de diversificación/homogenización depende de p a nivel cualitativo:

- Si $p \approx 0$ se produce un proceso de homogenización de las tendencias hacia una sola. La falta de innovación en la sociedad produce una dinámica meramente contractiva que eventualmente conduce a la formación de una única tendencia representativa (en sintonía con Malarz et al. (2011)).

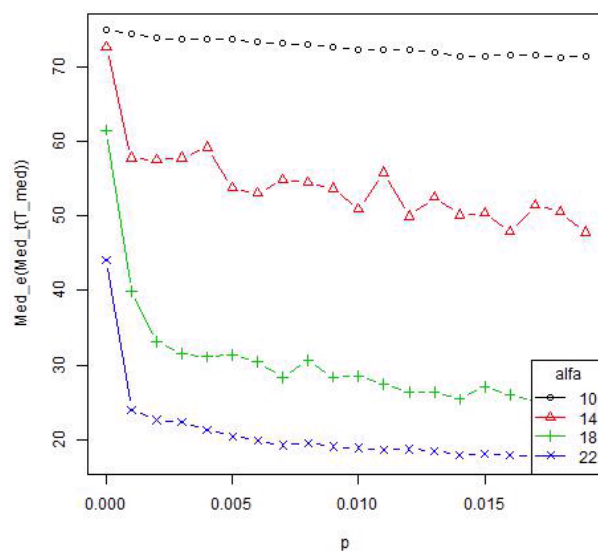


Figura 1.4. Tamaño de las tendencias en función de p

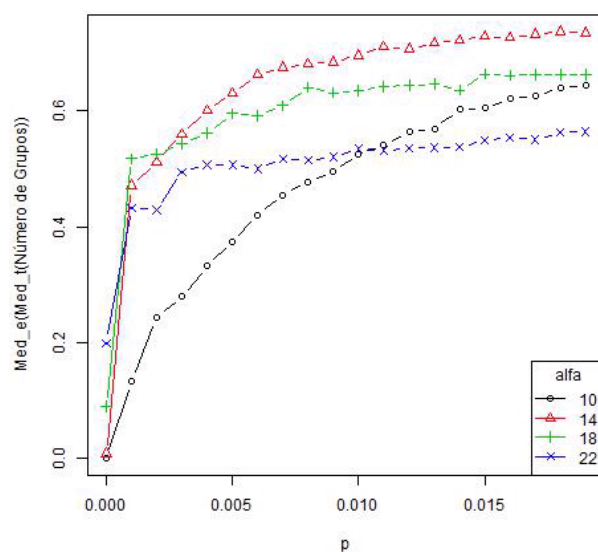


Figura 1.5. Coeficiente de Gini en función de p

- Si $0 < p < K$ emerge una diversidad de tendencias. Esta situación es similar a la del modelo de Mark (1998), en el que se consideraba que una dinámica de convergencia local basada en la homofilia (el parámetro α en nuestro modelo) y la creación de nuevos bits de cultura ($p > 0$ en nuestro caso) son suficientes para obtener la interacción entre diferentes subculturas (diversidad

de tendencias). En nuestro modelo, la interacción entre las distintas tendencias se puede producir por dos vías: cuando dos grupos están cerca y pueden fusionarse enteramente o parcialmente, y cuando los individuos cambian de tendencia debido a la innovación.

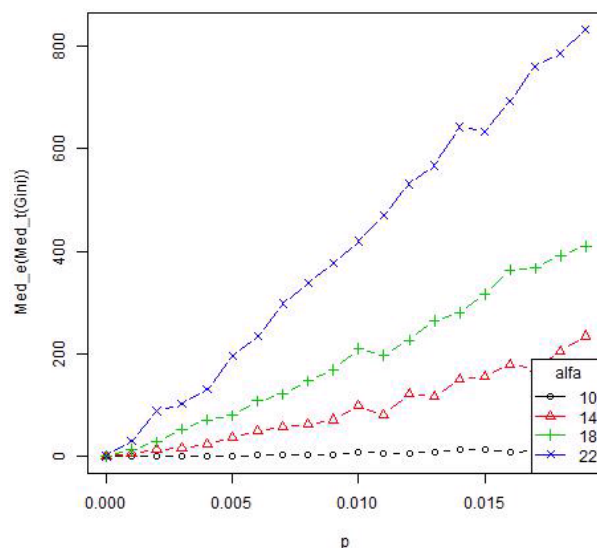


Figura 1.6. Índice de dinamismo en función de p

- Si $p > K$, es decir, a partir de cierto punto¹⁶, la emulación no es suficiente para aglutinar a los individuos, produciéndose la atomización de la sociedad, es decir, todos los miembros de la sociedad terminan aislados. Nótese que demasiada innovación no es razonable, pues la dinámica se vuelve completamente errática (aleatoria).

Atendiendo a lo anterior, establecemos que el parámetro p influye en el número, tamaño y dispersión de las tendencias de manera esencialmente cualitativa, lo más importante es el rango en el que se encuentre (nulo, positivo o muy elevado), y no tanto el valor concreto que tenga dentro de cada uno (ver figuras 1.3, 1.4 y 1.5). Esto es debido a que cuando es nulo sólo está presente la emulación, si es positivo están presente ambos mecanismos y si es exageradamente alto, la emulación es insuficiente quedando la dinámica a merced total de la innovación. Además, el índice de dinamismo (que mide el número de cambios en el ranking de tendencias

¹⁶Cuanto mayor sea α , menor es el valor de K que produce la atomización social.

representativas entre dos periodos de tiempo consecutivos) depende de p linealmente (ver figura 1.6). De este modo, cuanto mayor sea la innovación, más dinámica y cambiante se vuelve la sociedad.

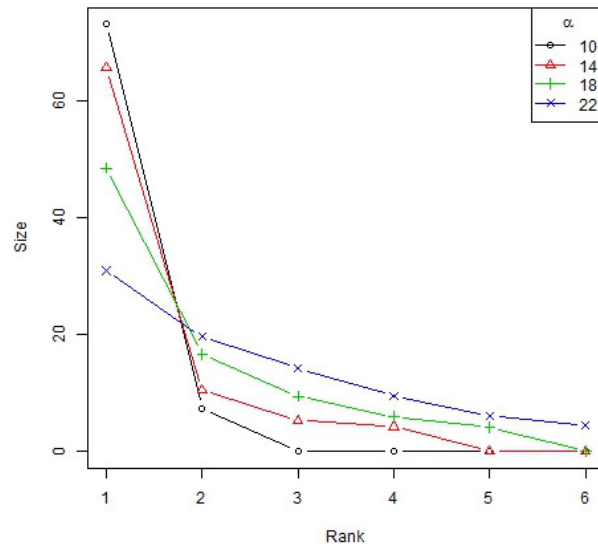


Figura 1.7. Diagrama tamaño/ranking para diferentes valores de α

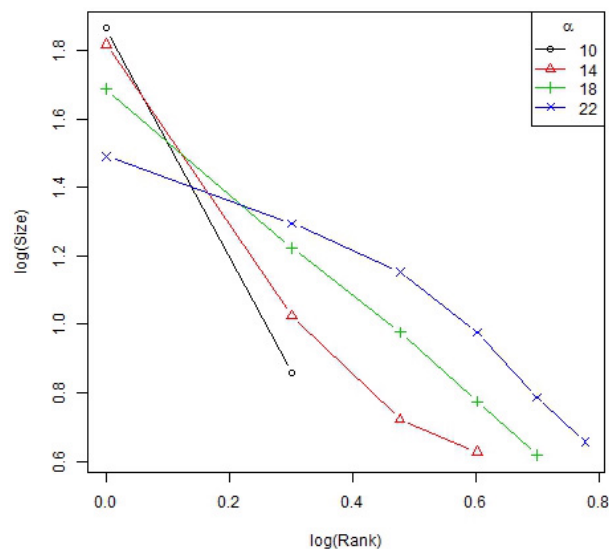


Figura 1.8. Diagrama log-log tamaño/ranking para diferentes valores de α

Las figuras 1.7 y 1.8 son diagramas de tamaño/ranking (en la segunda, en escala log-log), que representan el tamaño medio de las tendencias representativas que

ocupan las seis primeras posiciones del ranking con independencia del tiempo, de la realización y del valor de p . Como se puede observar los tamaños de las tendencias siguen distribuciones sesgadas a la derecha, acentuándose al reducir el parámetro α .

Segundo escenario

En este escenario, α varía para cuatro valores concretos de p . Se consideran las siguientes combinaciones paramétricas:

- $p = \{0.002, 0.003, 0.004, 0.005\}$
- $\alpha \in [10, 30]$ con paso de 2
- $\beta = 6$
- $N = 75$

A continuación se visualizarán las gráficas 1.9, 1.10, 1.11 y 1.12 correspondientes a las propiedades límite objeto de estudio.

Nótese que el número de tendencias que emergen depende principalmente del parámetro α (figura 1.9). De modo que con $\alpha = 18$ suelen emerger en la sociedad dos o tres tendencias representativas¹⁷, a la vez que coexisten con muchas de carácter marginal (como se deduce del alto coeficiente de Gini, ver figura 1.11).

El número de tendencias en función de α parece ajustarse a una curva en forma de S creciente (figura 1.9). Esto se debe a que para valores muy bajos de α , el radio de interacción social abarca todo el espacio de características, haciendo que la tendencia dominante tenga un alto poder de arrastre que impide el surgimiento de otras.

Durante el siguiente tramo, cuanto mayor es, menor es el radio de interacción y mayor el número de tendencias que pueden convivir. Sin embargo, el número de tendencias que puede haber en el espacio de características está limitado por el

¹⁷Esto recuerda a muchos de los sistemas electorales de las democracias modernas formados por dos o tres partidos representativos.

umbral usado en el análisis clúster para identificar tendencias. Por ello, el crecimiento para valores altos va reduciendo su velocidad.

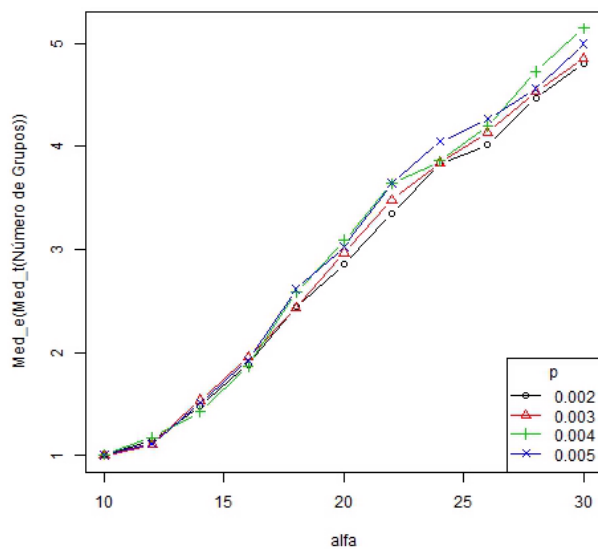


Figura 1.9. Número de tendencias en función de α

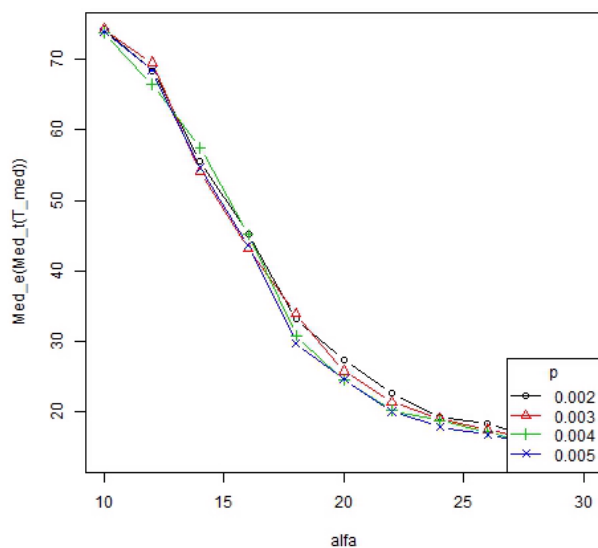


Figura 1.10. Tamaño de las tendencias en función de α

Razonando de manera análoga, y como cabía esperar, la gráfica para el tamaño medio de las tendencias parece ajustarse a una curva en forma de S decreciente (figura 1.10). De las gráficas 1.9, 1.10 y 1.11 se deduce que el valor de p tiene poca

influencia en la dinámica del sistema una vez que éste es positivo, confirmando los resultados del anterior escenario.

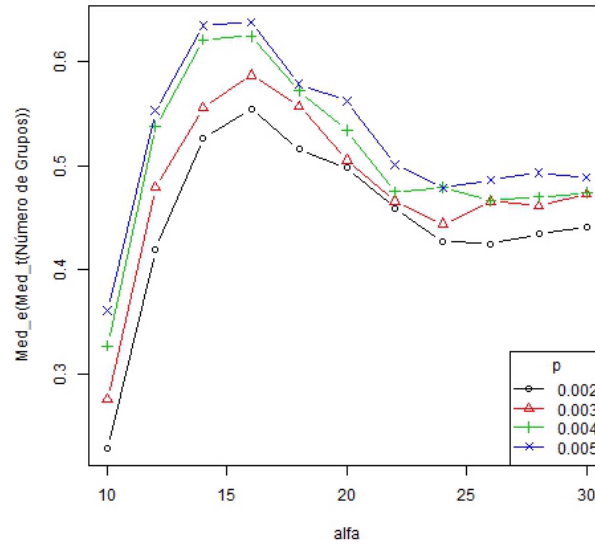


Figura 1.11. Coeficiente de Gini en función de α

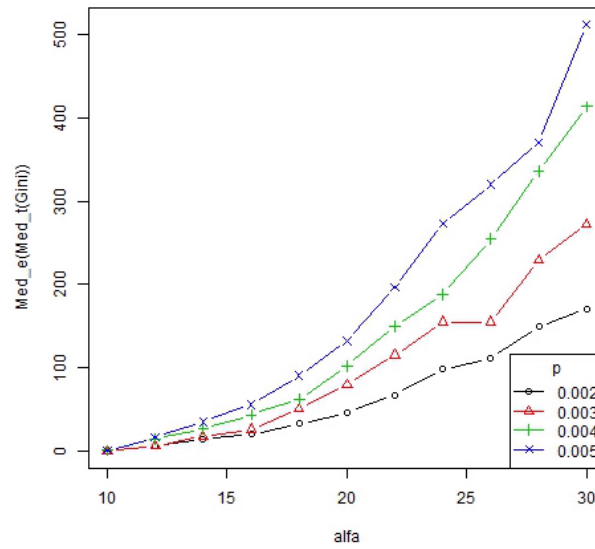


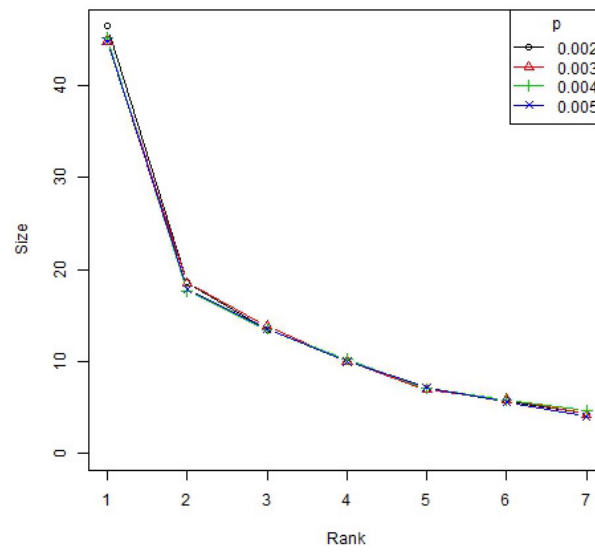
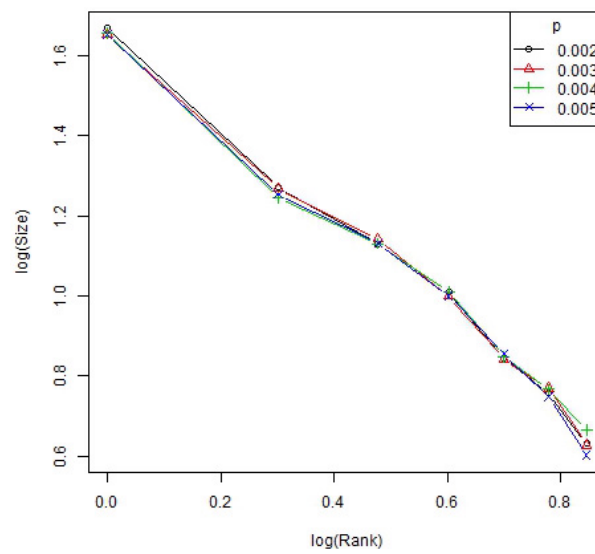
Figura 1.12. Índice de dinamismo en función de α

El número de tendencias en el estado asintótico del sistema nos informa del grado de polarización de la sociedad. Atendiendo a este criterio, se identifican tres áreas en las gráficas (1.9, 1.10 y 1.11), una por cada tipo de convergencia o régimen:

- Si $a < 14$, todos los agentes convergen en una única tendencia, esto es, emerge un sólo grupo. En la terminología de Gargiulo y Mazzoni (2008), llamamos a esto régimen de uniformidad. Este régimen es relativamente independiente del valor de los otros parámetros.
- En el caso de que $14 < a < 18$, emergen un gran número de tendencias, aunque sólo unas pocas (normalmente dos o tres) son representativas, como se deduce del alto coeficiente de Gini para estos valores de α . Esta fase de transición se corresponde con el régimen de fuerte mayoría de Gargiulo y Mazzoni (2008).
- Si $a > 18$, emergen muchas tendencias de peso similar. En la terminología de Gargiulo y Mazzoni (2008), se alcanza un régimen de pluralismo al que llamamos régimen de diversidad. Es también consistente con los resultados de Axelrod (1997): “la convergencia local puede producir polarización global” y las culturas minoritarias consiguen persistir debido a la protección de los “huecos” estructurales que se crean debido a las diferencias culturales que impiden la interacción entre agentes de diferentes tendencias, evitando así la homogenización de las tendencias.

Nótese que el índice de dinamismo depende de α de manera no lineal (figura 1.12). En términos generales, se puede afirmar que α es el parámetro que mejor explica la dinámica del sistema, lo cual es consistente con los resultados de Gargiulo y Mazzoni (2008). Esto también se deduce de los diagramas de tamaño/ranking de la figura 1.13 y en escala log-log en la figura 1.14. Como se puede ver, no hay diferencias significativas entre las distribuciones de los tamaños de las tendencias para diferentes valores de p . El control de α es de vital importancia para inducir el comportamiento social deseado. Los resultados obtenidos son consistentes con los de Gargiulo y Mazzoni (2008).

Además del efecto sobre el estado del sistema, el parámetro α influye sobre el número de periodos de simulación requeridos para alcanzar el estacionario. En concreto, cuanto mayor sea α , menor será el número de interacciones por periodo y, en consecuencia, hará falta un mayor número de periodos para estabilizar el sistema.

Figura 1.13. Diagrama tamaño/ranking para diferentes valores de p Figura 1.14. Diagrama log-log tamaño/ranking para diferentes valores de p

Tercer escenario

En este escenario β varía fijados el resto de los parámetros. Concretamente, se considera:

- $p = 0.003$
- $\alpha = 18$
- $\beta \in [4, 20]$ con paso de 2
- $N = 75$

A continuación se visualizan las gráficas 1.15, 1.16, 1.17 y 1.18 correspondientes a las propiedades límite objeto de estudio. Debido a que el resto de parámetros permanecen constantes, se incorpora el error estándar respecto a las realizaciones sin complicar demasiado la visualización.

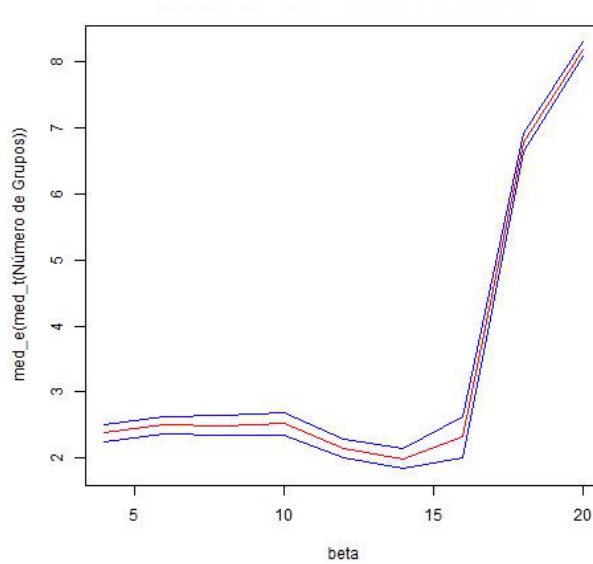


Figura 1.15. Número de tendencias en función de β . Error respecto de e

El parámetro β tiene un rol marginal en el modelo, ya que no afecta al valor de las propiedades límite, únicamente a la velocidad de estabilización del sistema (periodos para alcanzar el estacionario). El cambio abrupto que se aprecia en la parte final de todas las gráficas se debe a que, para dichos valores del parámetro, el número de periodos considerados (6000) no es suficiente para alcanzar el estacionario¹⁸, y por tanto, la gráfica muestra valores erróneos para dichas propiedades. En otras simulaciones realizadas, al aumentar el número de periodos considerablemente, la parte

¹⁸Cuanto mayor sea β , menor será la velocidad de acercamiento entre individuos.

derecha de la gráfica cambia hacia un comportamiento análogo al resto. Nótese, que teniendo en cuenta la escala, el lado izquierdo de todas las gráficas presenta variaciones muy reducidas en comparación con las obtenidas con otros parámetros. No obstante, y dado que la relación entre la velocidad de estabilización y este parámetro es no lineal, hace que las simulaciones sean muy costosas para valores altos; a causa de ello, se ha optado por establecer su valor por defecto a un nivel bajo.

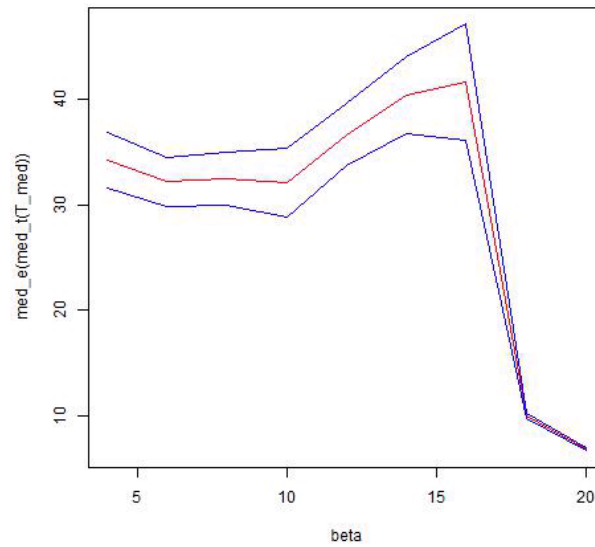


Figura 1.16. Tamaño de las tendencias en función de β . Error respecto de e

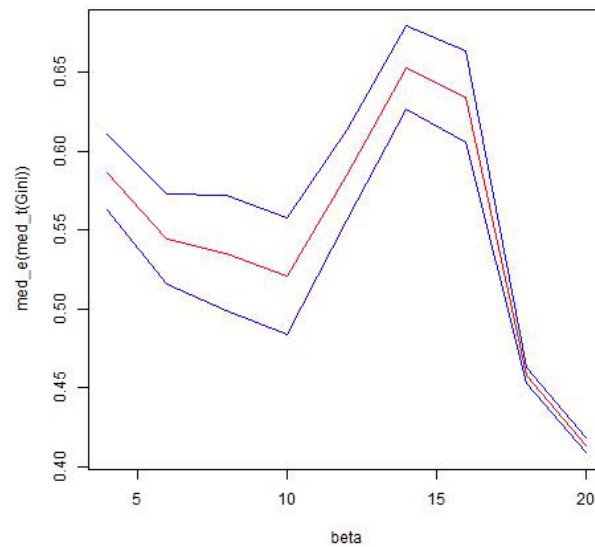


Figura 1.17. Coeficiente de Gini en función de β . Error respecto de e

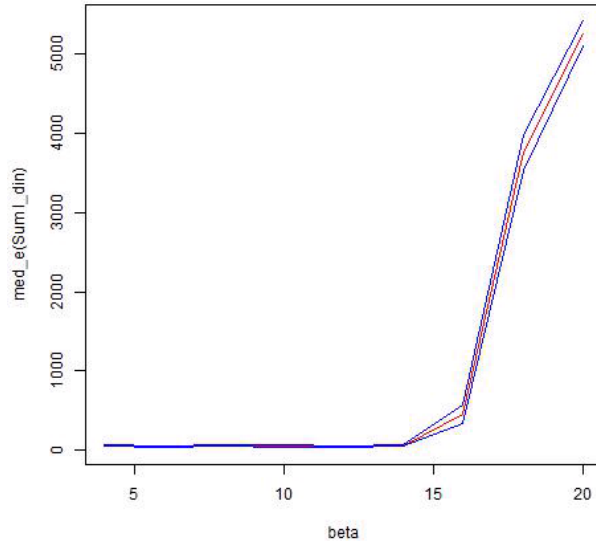


Figura 1.18. Índice de dinamismo en función de β . Error respecto de e

Cuarto escenario

La propiedad relevante no es el tamaño poblacional, sino la densidad poblacional $\frac{N}{L^d}$, donde L^d es el volumen d -dimensional del espacio total disponible, siendo d el número de dimensiones consideradas y L el tamaño de la dimensión. Nótese que hay tres vías para estudiar el impacto de la densidad poblacional (variando N , L o d , dejando fijas las otras dos), aunque dos de ellas presentan problemas prácticos. Así, estudiar la densidad poblacional en función de L trae problemas, pues en última instancia, toda implementación es de naturaleza discreta, y los números reales no se representan con infinitas cifras decimales, de manera que si L es pequeño la precisión del número en el ordenador tiene un alto impacto, es decir, se comete un mayor error relativo cuanto menor sea L . Por otra parte, el estudio mediante d implica saltos enormes en la densidad poblacional, puesto que el número de dimensiones es discreto y se encuentra en el exponente de la expresión. La última vía es mediante N que permite un estudio más preciso, siendo por ello el empleado. Debido a esto, se introduce este cuarto escenario, donde se varía N fijados el resto de los parámetros. Concretamente, se considera:

- $p = 0.003$
- $\alpha = 18$

- $\beta = 6$
- $N \in [50, 750]$ con paso de 50

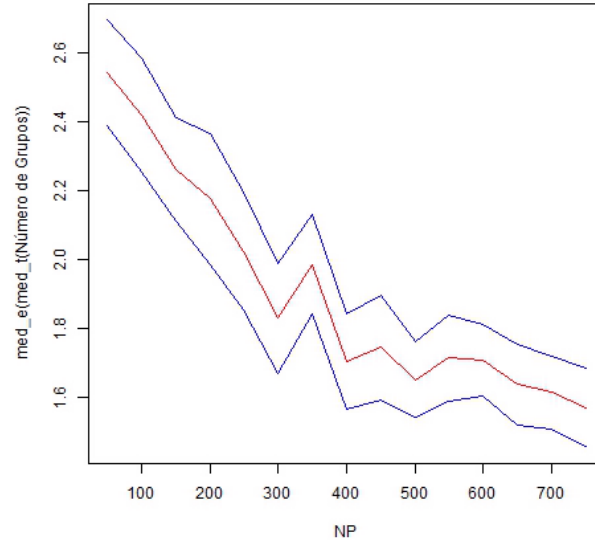


Figura 1.19. Número de tendencias en función de N . Error respecto de e

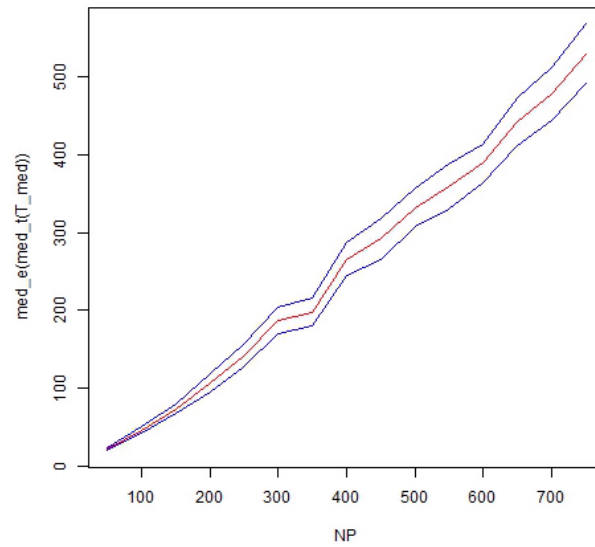


Figura 1.20. Tamaño de las tendencias en función de N . Error respecto de e

Teniendo en cuenta la escala de las gráficas 1.19, 1.22, este parámetro tiene poca influencia en estas propiedades en comparación con otros parámetros. Sin embargo,

N aumenta cuadráticamente el tiempo de computación requerido por periodo de simulación, lo que tiene un efecto muy negativo en los costes computacionales. Por consiguiente, junto a α y β , son los causantes¹⁹ de la dificultad existente al analizar las propiedades límite.

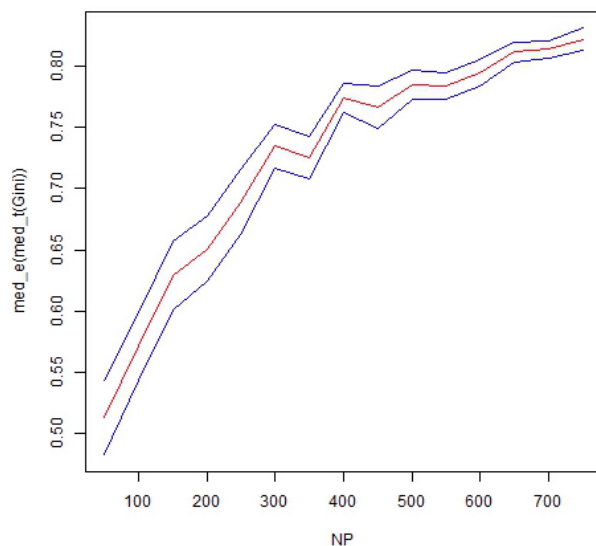


Figura 1.21. Coeficiente de Gini en función de N . Error respecto de e

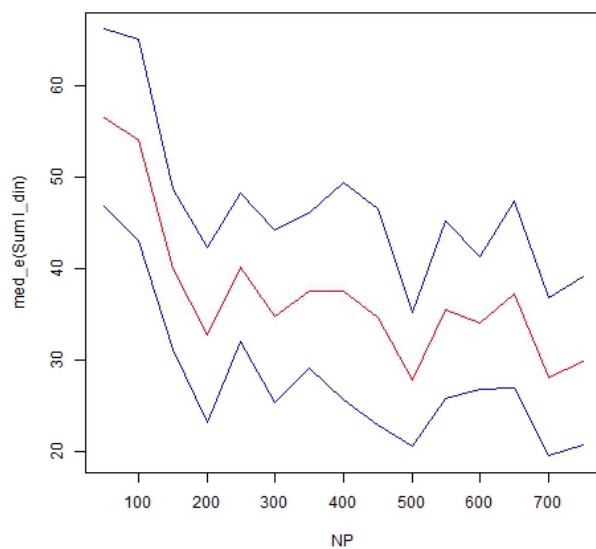


Figura 1.22. Índice de dinamismo en función de N . Error respecto de e

¹⁹Aunque por motivos diferentes. En el caso de α y β era debido a que aumentaba el número de periodos de simulación requeridos para alcanzar el estacionario, no el tiempo de computación por periodo de simulación.

La pendiente de la gráfica 1.19 es negativa, mientras que el coeficiente de Gini (gráfica 1.21) aumenta notablemente, esto es, al aumentar la densidad, la población se concentra. Aunque se necesita aumentar considerablemente la densidad poblacional²⁰ para que sea apreciable, estos dos resultados explican un fenómeno inesperado: “una mayor densidad poblacional produce una mayor homogeneización”, lo cual es consistente con los resultados que Gargiulo y Mazzoni (2008) presentaban como “aparentemente paradójicos”. Este se debe a que al haber una mayor densidad poblacional, hay un mayor número de agentes “puentes” que sirven para poner en contacto a tendencias, que de otro modo, raramente interactuarían y se acercarían, llevando a una dinámica de mayor uniformidad, que puede ser vista como una mayor desaparición de la diversidad inicial.

Los resultados anteriores sólo tienen validez a partir de una densidad poblacional razonable, pues cuando la densidad es baja, queda mucho espacio sin “poblar”, de manera que los agentes se encuentran demasiado lejos los unos de los otros, impidiéndose la formación de las tendencias iniciales, de las cuales depende fuertemente la dinámica de los periodos posteriores. Así, cuando el tamaño poblacional es anormalmente reducido, el número de tendencias representativas aumenta al crecer la población, en oposición a los anteriores resultados (gráfica 1.23).

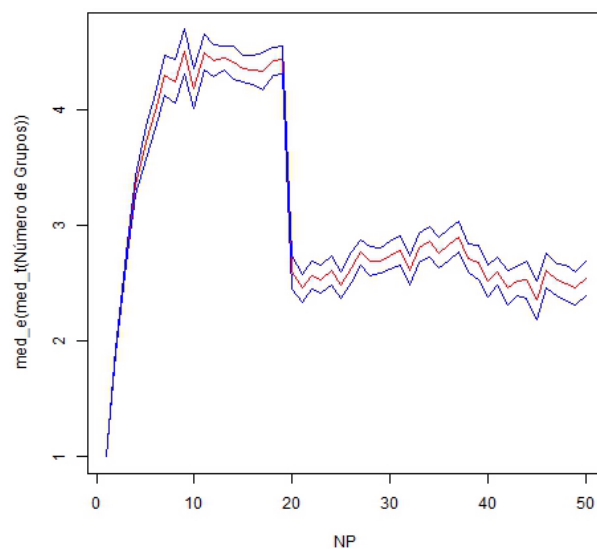


Figura 1.23. Número de tendencias para valores bajos de N

²⁰Nótese que, en un escenario social, los cambios poblacionales significativos tienen lugar a muy largo plazo, por lo que, desde el punto de vista aplicado, cambios en N tienen muy poca relevancia.

La explicación se encuentra en los espacios sin “poblar” que aíslan a los individuos dando lugar a tendencias de pocos agentes, que sin embargo, gozan de representatividad debido a los bajos niveles poblacionales. En la gráfica 1.23 se aprecia un cambio de fase para $N \simeq 20$ individuos, que es cuando el efecto de N supera al producido por el fenómeno de la representatividad, con independencia del valor de los demás parámetros (como ejemplo véase la gráfica 1.27).

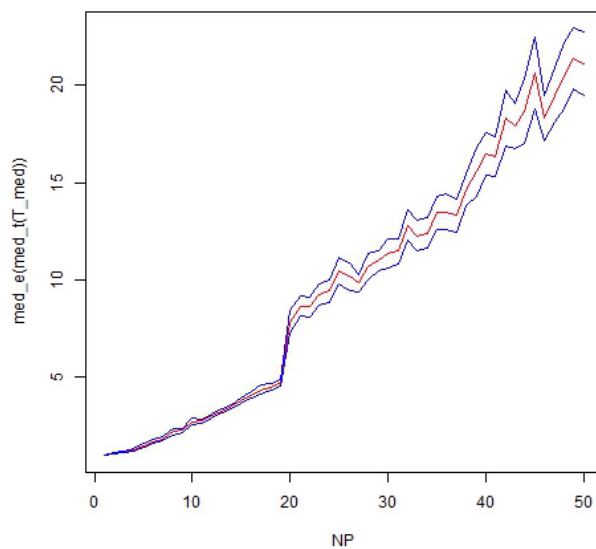


Figura 1.24. Tamaño de las tendencias para valores bajos de N

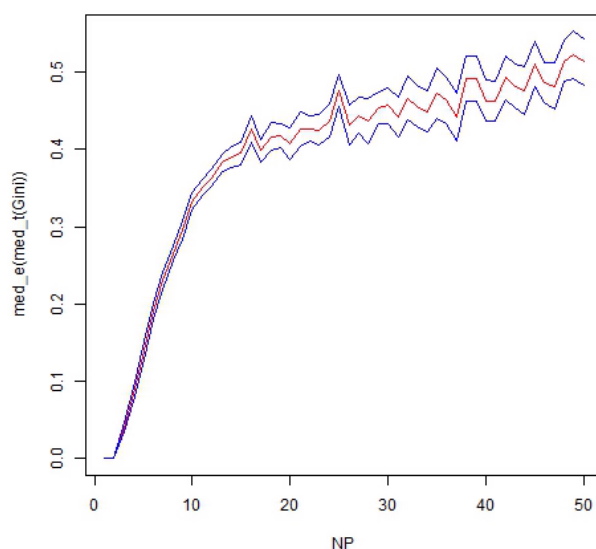


Figura 1.25. Coeficiente de Gini para valores bajos de N

Este cambio de fase se traslada de manera inmediata al tamaño medio de las tendencias representativas (gráfica 1.24), así como (gráfica 1.26) al índice de dinamismo²¹. Sin embargo, no sucede lo mismo con el coeficiente de Gini (gráfica 1.25) debido a que el cálculo de éste no depende del umbral de representatividad.

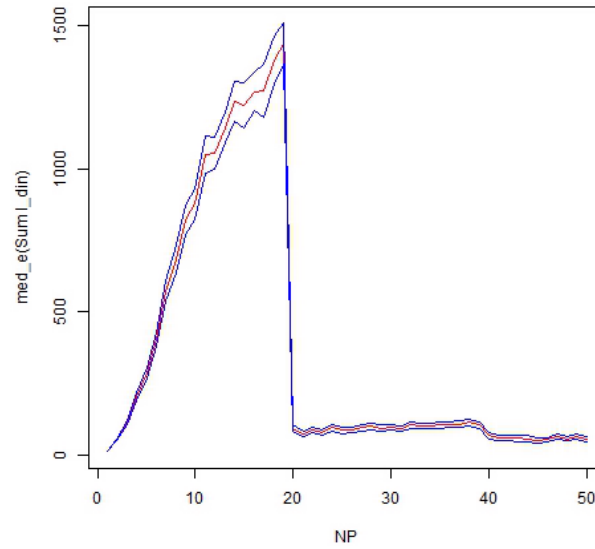


Figura 1.26. Índice de dinamismo para valores bajos de N

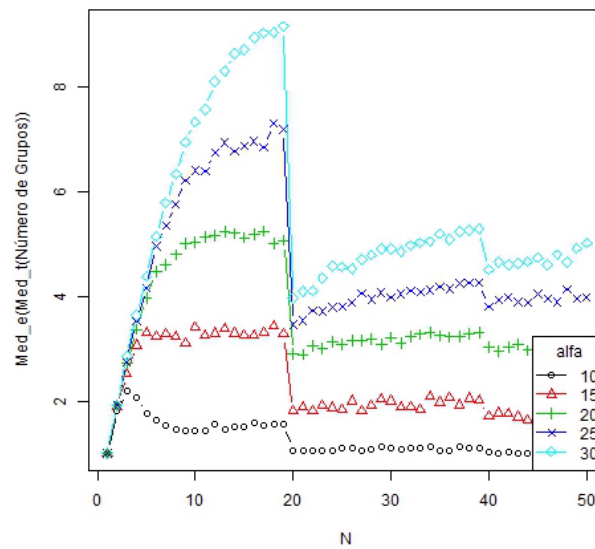


Figura 1.27. Número de tendencias para valores bajos de N y distintos valores de α

²¹Cuando las tendencias tienen pocos agentes, se producen numerosos empates en el ranking de tamaño, haciendo que pequeños cambios en el tamaño de los grupos impliquen cambios en el ranking, aumentando considerablemente el índice de dinamismo.

Como se comentó, este parámetro plantea desafíos computacionales, al influir en el tiempo computacional del sistema (gráfica 1.28). Se ha determinado experimentalmente la complejidad computacional, y por ello, depende de la implementación, de la potencia de cálculo de la máquina sobre la que se ejecuta²² y de los demás procesos en ejecución. Además, en las instancias mayores, la memoria RAM asignada se vuelve limitada, aumentando considerablemente el tiempo de ejecución y haciendo que las lecturas experimentales no sean tan fiables. Considerando todo lo anterior, se estima que: $f(x) \simeq 11 \cdot 7.5^{\frac{\ln(x) - \ln(50)}{\ln(2)}}$, siendo de orden polinomial, concretamente casi cúbico $11 \cdot \left(\frac{x}{50}\right)^{\frac{\ln(7.5)}{\ln(2)}}$. Nótese, que aunque no sea de la familia exponencial, instancias de $N > 8500$ suponen más de 1 año de ejecución por realización, por lo que en la práctica, el número de agentes a simular estará limitado, incluso usando clústeres de computación científica²³.

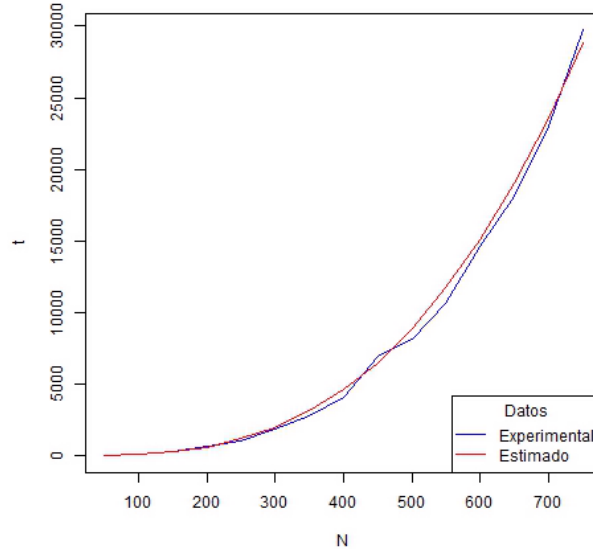


Figura 1.28. Tiempo de computación por cada realización en función de N

1.5. Validación empírica del modelo

Para determinar si la dinámica del modelo es consistente con la evidencia empírica, se usan micro-datos del mundo real procedentes de una encuesta social de 2007

²²El cambio de implementación y de máquina difiere sólo en constantes multiplicativas.

²³Se ha empleado un clúster de computación con 332 cores y 280 GB de RAM.

sobre Andalucía. Se trata de un estudio dirigido por el Instituto de Estadística de Andalucía, agencia dependiente de la Consejería de Economía, Innovación y Ciencia de Andalucía. El estudio está basado en una muestra aleatoria de 1850 individuos y tiene por objeto obtener una imagen transversal de la sociedad andaluza.

Del cuestionario, se han seleccionado dos preguntas concretas para que representen características en el modelo. Ambas se miden en una escala de Likert de 11 niveles:

- Característica 1. Sentimiento hacia Europa (0 = nada europeo; 10 = muy europeo).
- Característica 2. Sentimiento ecologista (0 = nada ecologista; 10 = muy ecologista).

Se aplica el mismo análisis clúster en los datos empíricos que el usado en las simulaciones (aproximación teórica) y se calculan los mismos indicadores estadísticos con el fin de poder estimar los valores de α y p que producen resultados similares. Para hacerlo comparable con los resultados teóricos ya obtenidos, se considera fijo $\beta = 6$ y se normaliza la población a un tamaño de $N = 75$. A continuación se presentan en una tabla los indicadores estadísticos de las tendencias empíricas para los datos segmentados por nivel educativo, así como las estimaciones de los parámetros α y p que mejor se ajustan.

Nivel educativo	Nº de tendencias	Tamaño medio	Coefficiente de Gini	α	p
Primaria	6	11	0.484	34	0.003
Secundaria	4	16	0.600	24	0.008
Universidad	2	29	0.639	17	0.012

Tabla 1.1. Contrastación empírica según nivel educativo

Como se puede ver en la tabla 1.1, los valores estimados para α y p reproducen fielmente el número, tamaño y la dispersión (sobre 75) de las tendencias sociales existentes en los datos analizados para diferentes niveles educativos. Estos valores estimados son consistentes desde un punto de vista sociológico: se supone que los individuos con un mayor nivel educativo tienen una mentalidad más abierta y tolerante, de modo que es más probable que interactúen de un manera más global (esto

es, tienen menores valores de α), mostrando al mismo tiempo una mayor disposición a innovar (mayores valores de p).

Lugar de residencia	Nº de tendencias	Tamaño medio	Coefficiente de Gini	α	p
Pueblo (< 10000)	6	11	0.481	34	0.003
Ciudad (> 10000)	5	13	0.451	30	0.006
Capital de provincia	4	16	0.600	24	0.008

Tabla 1.2. Contrastación empírica según lugar de residencia

Conclusiones similares se desprenden de la tabla 1.2, donde los datos están segmentados por lugar de residencia. Nuevamente, los valores estimados para α y p reproducen fielmente el número, tamaño y desigualdad de las tendencias (excepto para el coeficiente de Gini que se obtiene para el segmento de “Ciudad”), que son consistentes desde un punto de vista sociológico: los individuos que viven en áreas más cosmopolitas tienen una mentalidad más abierta, tolerante y con mayor acceso a redes sociales globales (menores valores de α), mostrando al mismo tiempo una mayor probabilidad para innovar (mayores valores de p). Por tanto, parece que la dinámica del modelo es consistente con la evidencia empírica.

1.6. Análisis de las áreas de tendencia

Como se mencionó anteriormente, cada dimensión (x_1 y x_2) se divide en 5 partes de igual tamaño, que da como resultado un total de 25 áreas de tendencias cuadradas. Se emplea la notación matricial para denotarlas; de esta forma, el área i - j es la que se encuentra en la sección i de x_1 y en la sección j de x_2 . Se seleccionarán un conjunto de valores paramétricos que generen dinámicas de interés en la evolución de las áreas de tendencias, en concreto, se consideran $\alpha = 24$, $\beta = 6$, $p = 0.003$ y $N = 75$. Todos los parámetros toman sus valores por defecto salvo α . Se determina que α debe valer 24 para garantizar que el sistema se encuentre en el régimen de diversidad. De esta manera, al haber un mayor número de tendencias y una mayor dispersión geométrica, aporta una mayor riqueza al análisis. Para analizar las áreas de tendencias se simulan un total de $2 \cdot 3 \cdot 1000 \cdot 6000 = 36,000,000$ periodos de simulación entre todos los escenarios.

A continuación se muestran las gráficas de evolución de las áreas de tendencia

que son representativas en algún momento, esto es, con al menos un 5 % de agentes. Cada gráfica es una determinada realización (ejecución).

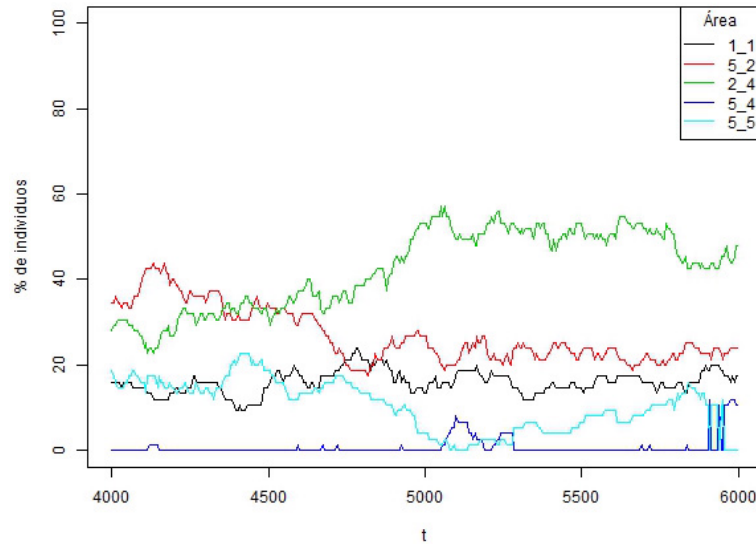


Figura 1.29. Evolución temporal del peso relativo de las áreas para la realización 43

En la gráfica 1.29 se pueden apreciar diversos fenómenos que se pueden identificar en procesos reales como en las modas o las tendencias de opinión: las fluctuaciones en las áreas, el cambio de liderazgo, la desaparición y el resurgimiento de áreas, y la lucha que se produce fundamentalmente entre áreas adyacentes. Se observan fluctuaciones en todas las áreas, pero principalmente en las 1_1 y 5_2. Las áreas 5_2 y 2_4 se disputan el liderazgo. El área 5_4 permanece latente la mayor parte del tiempo, aunque resurge de vez en cuando. El área 5_5 pasa de ser la tercera de mayor peso a desaparecer y posteriormente resurgir. Al final de la simulación se puede apreciar la lucha entre dos áreas adyacentes (la 5_4 hace desaparecer a la 5_5). Habitualmente, el factor innovación es el que gobierna todos los fenómenos observados, al redistribuir los individuos de manera aleatoria. No obstante, también se puede deber al movimiento provocado por la fusión de tendencias. La reproducción de patrones cualitativos observados en la realidad y que no han sido tenidos en cuenta en las especificaciones del modelo, supone una validación teórica de la dinámica del sistema.

En la gráfica 1.30 se pueden apreciar mejor dos disputas entre áreas. En la primera, la 3_4 afianza su liderazgo al ganar peso a costa de su vecina 1_4, que casi

desaparece a causa de ello. La segunda es una disputa reiterada entre las áreas 5_1 y 5_2 que hace que desaparezca la perdedora y resurja la ganadora. También se aprecia cómo la 2_1 llega a ser líder a pesar de haber sido la tercera durante algún tiempo.

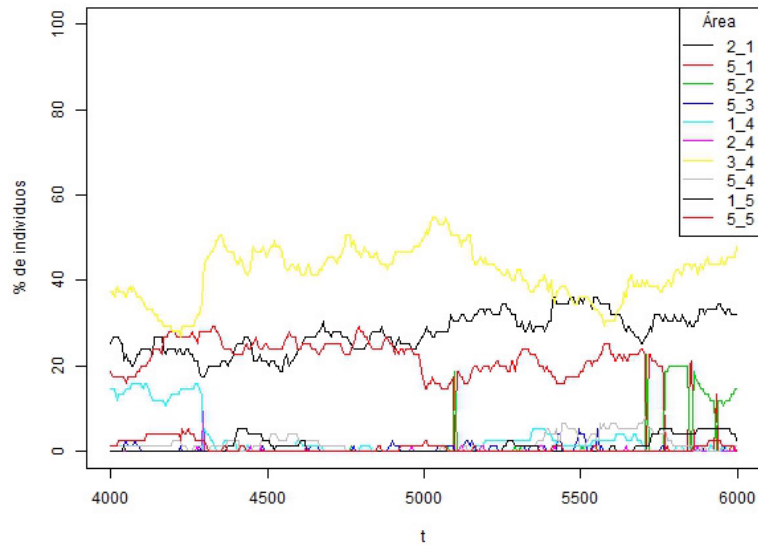


Figura 1.30. Evolución temporal del peso relativo de las áreas para la realización 45

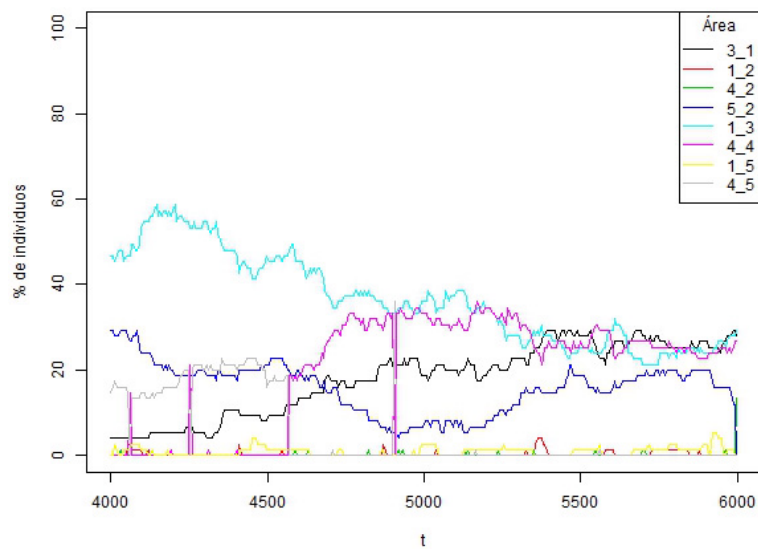


Figura 1.31. Evolución temporal del peso relativo de las áreas para la realización 46

En la gráfica 1.31 se muestra cómo el área 4_4 gana peso gracias a disputas con su vecina 4_5, consiguiendo pasar de ser un área desierta a ser la dominante en

algunos periodos. También se puede observar cómo el área 1_3, que disfrutaba de una amplia ventaja sobre las demás, pierde fuerza progresivamente hasta perder el liderazgo. Nótese además los ciclos a largo plazo que tiene el área 5_2, que llega a quedar desierta al final de la simulación.

Las figuras 1.32 y 1.33 muestran el peso de cada área y de las dominantes respectivamente (donde los tonos más oscuros representan pesos mayores). El peso de un área se define como el número relativo de agentes que se encuentran en el área en cualquier periodo en cualquiera de las 1000 realizaciones²⁴ y representa la probabilidad de que cualquier agente se encuentre en dicho área en cualquier periodo. El peso de un área dominante se define como la proporción de veces que un área dada es dominante en algún periodo de alguna realización, y representa la probabilidad de que un área sea la dominante en un periodo dado.

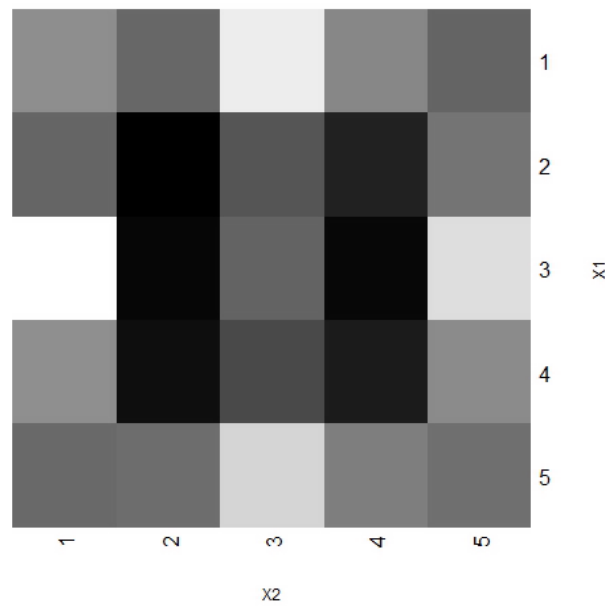


Figura 1.32. Distribución bidimensional de las áreas de tendencia

Las figuras 1.32 y 1.33 muestran que todas las áreas no tienen el mismo peso. Aunque hay cierta simetría en el sistema (ambas dimensiones se tratan de igual manera en el modelo teórico, no existiendo preferencia alguna por una determinada

²⁴Como el sistema es *path-dependent*, esto es, que todo el proceso depende fuertemente de las condiciones iniciales, se precisa un alto número de realizaciones, en este caso 1000 son suficientes.

dirección), es más probable que las áreas centrales tengan mayor peso. En concreto, la tendencia dominante suele estar alrededor de la zona central, siendo consistente con la evidencia de muchos procesos sociales como por ejemplo la opinión pública o las ideologías políticas.

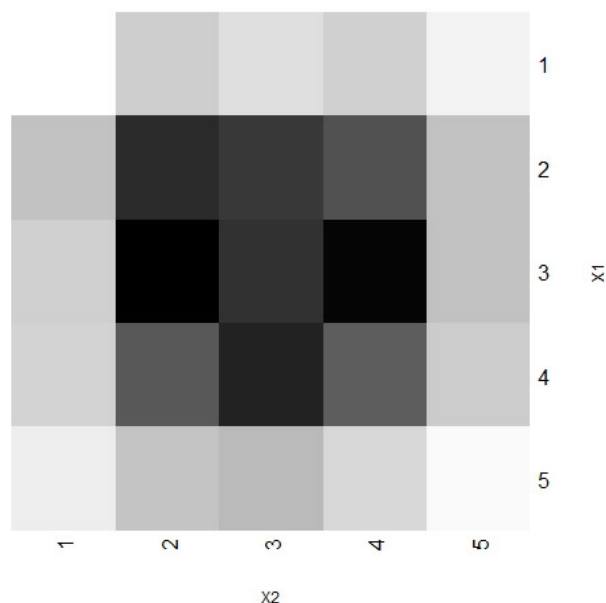


Figura 1.33. Distribución bidimensional de las áreas dominantes

Para realizar una exploración más profunda de las áreas, se ordenan según sus distancias²⁵ desde el área central 3_3. De este modo, hay áreas a distancia 0, 1, $\sqrt{2}$, 2, $\sqrt{5}$ y $\sqrt{8}$. La figura 1.34 muestra la proporción de individuos de un área dada que esté a distancia²⁶ r , mientras que la figura 1.35 muestra la probabilidad de que un área a distancia r sea dominante. Las áreas dominantes tienen una alta probabilidad de encontrarse cerca del centro (con probabilidad mayor que 0.85 para $r \leq \sqrt{2}$), aunque la probabilidad de que un individuo pertenezca a un área extrema sea considerable (con probabilidad mayor que 0.40 para $r \geq 2$).

²⁵La distancia euclídea medida desde el centro de cada área hasta el centro del área 3_3. Sqrt denota la raíz cuadrada.

²⁶Todas las distancias no tienen el mismo número de áreas. Para hacer comparables las distancias se procede así: $\frac{\# \text{individuos a distancia } r}{\# \text{individuos totales} \cdot \# \text{áreas a distancia } r}$, en vez de $\frac{\# \text{individuos a distancia } r}{\# \text{individuos totales}}$. Se procede igual con las áreas dominantes.

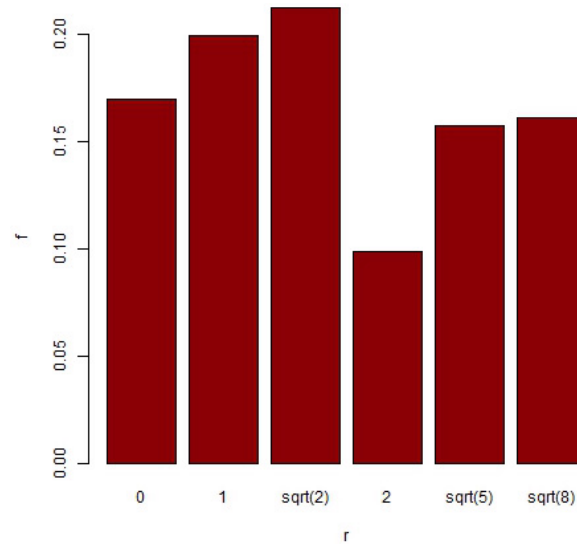


Figura 1.34. Distribución radial de las áreas de tendencias

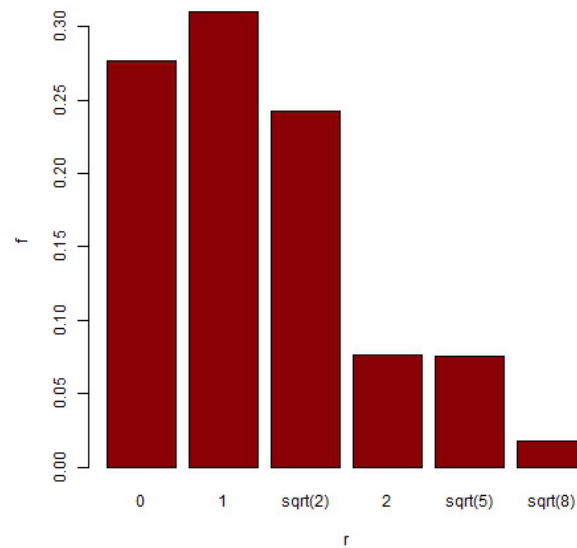


Figura 1.35. Distribución radial de las áreas dominantes

Se emplean diagramas de caja y bigotes para analizar el efecto de α y p en las distribuciones de frecuencias acumuladas radiales, tanto de las áreas de tendencia como de las dominantes. Las figuras 1.36 y 1.37 muestran las cajas con cuartiles Q1, Q2 (mediana) y Q3 para las distribuciones radiales de las áreas de tendencia, y de las dominantes respectivamente, para tres valores de p (0.002, 0.003 y 0.004). Así por

ejemplo, en la figura 1.36, para $p = 0.002$ se muestra una distribución acumulada en la que el 25 % de los individuos se encuentran en áreas que están a $r \leq 1$.

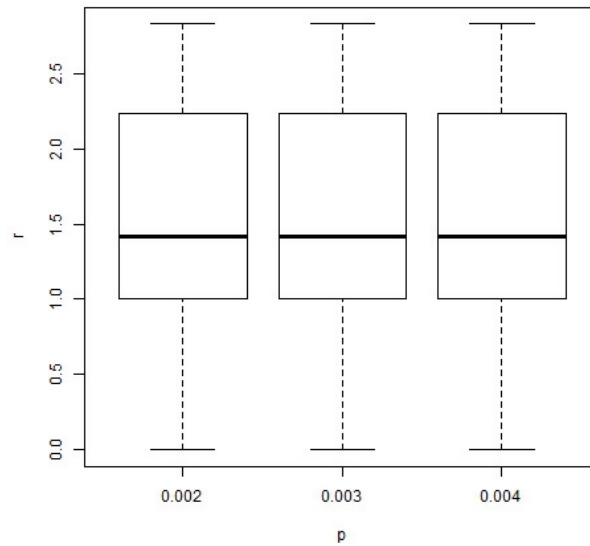


Figura 1.36. Distribuciones radiales de las áreas según p

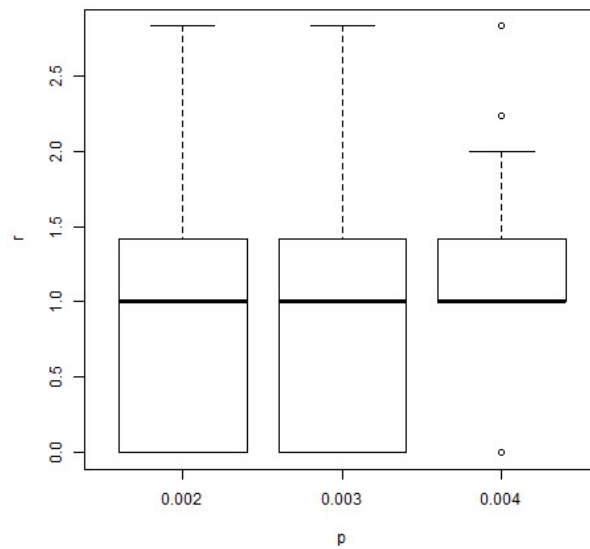


Figura 1.37. Distribuciones radiales de las áreas dominantes según p

Las figuras 1.38 y 1.39 muestran los diagramas de caja y bigotes correspondientes a tres valores de α (18, 24 y 30). Se observa que p tiene un efecto menor en las distribuciones radiales. Sin embargo, α juega un rol relevante en el proceso: al

aumentar α se reduce el peso de la zona central, tanto para las áreas de tendencias como para las dominantes.

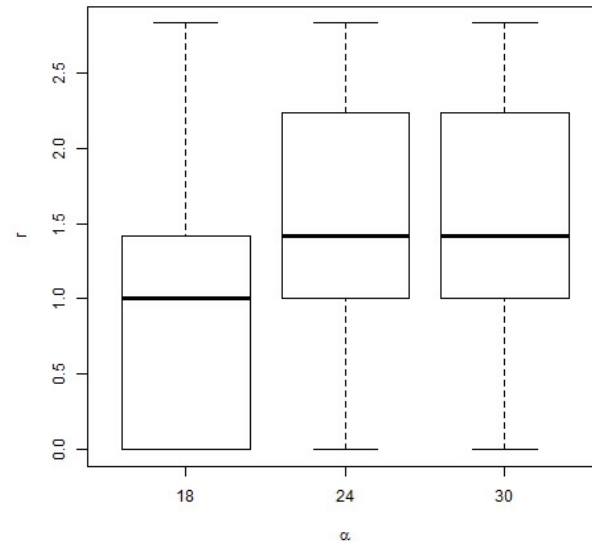


Figura 1.38. Distribuciones radiales de las áreas según α

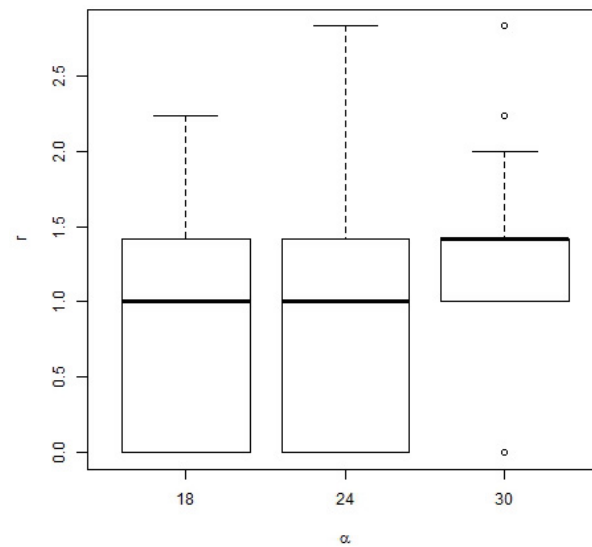


Figura 1.39. Distribuciones radiales de las áreas dominantes según α

1.7. Conclusiones

La toma de decisiones se lleva a cabo en base a factores individuales (internos) y sociales (externos). Entre los primeros pueden encontrarse los gustos, las opiniones o las ideas del individuo, mientras que entre los segundos la influencia social en sus distintas formas, como las leyes, las normas no escritas, el prestigio, la admiración o la emulación. Los factores internos han sido amplia y exitosamente estudiados, mientras que los segundos han sido tradicionalmente pasados por alto debido a los problemas de formalización que entrañan. En realidad, ambos tipos se complementan, co-evolucionan. Los sociales, como las leyes, cambian en base a las decisiones de los individuos y los individuales, como los gustos, lejos de permanecer invariantes, están sujetos a la influencia social.

En este capítulo fijamos la mirada en los factores sociales para determinar cómo se agrupan los individuos en comunidades, parte elemental de las redes sociales, capaces de explicar gran parte de sus propiedades y evolución. Como las interacciones suelen concentrarse entre individuos de una misma comunidad, el comportamiento, los gustos, opiniones y creencias de sus miembros se refuerzan mutuamente influyendo en sus decisiones. Determinamos que la emulación, como mecanismo más habitual y simple de influencia social, es suficiente para explicar gran número de las propiedades estáticas y dinámicas observadas en las redes sociales. Las redes obtenidas con estos procedimientos pueden ser empleadas para definir endógenamente la estructura de interacción de numerosos procesos sociales que la requieran, tales como la votación política, la opinión pública, los patrones de consumo o la difusión de innovaciones (por citar algunos).

La metodología utilizada tiene por objeto establecer qué propiedades de la red social proceden de las especificaciones que, con base empírica, son utilizadas para definir el comportamiento de los individuos. Introducimos un modelo computacional estocástico que determina que los mecanismos de emulación usados por los individuos en sus interacciones son capaces de explicar la evolución de las redes sociales, cuyas propiedades son fundamentales para entender gran número de procesos sociales. Con un número reducido de hipótesis, el modelo responde a algunas preguntas de interés como por qué emergen distribuciones altamente sesgadas en las sociedades humanas, donde unas pocas tendencias representativas co-existen con muchas otras marginales o el motivo por el que las corrientes ideológicas mayoritarias suelen ser

de centro.

El modelo ofrece diversos resultados, algunos intuitivos y otros inesperados. Uno del último tipo es que si una sociedad es muy tolerante, todos los agentes convergen a una única tendencia que lleva a la uniformidad. El hecho poco intuitivo radica en que se suele entender por muy tolerante a aquellos individuos que respetan la diversidad aunque, en realidad, la dinámica lleva a la destrucción de ésta, es decir, toda la diversidad inicial de la sociedad desaparece. Si la tolerancia de la sociedad es moderada, emergen muchas tendencias, pero con una alta desigualdad de tamaños, siendo sólo unas pocas de ellas realmente representativas. Finalmente, en sociedades altamente intolerantes se alcanza un grado considerable de segregación, donde emergen muchas tendencias de tamaño similar. En general, la dinámica conduce a la emergencia de distribuciones de tamaños altamente sesgadas, pero cada vez lo son menos cuanto menor es la tolerancia de los individuos. La tolerancia (homofilia) explica el número y la distribución de tamaños de las tendencias (comunidades) de una sociedad. Asimismo, cuanto más permeables sean los individuos, antes madura (se estabiliza) la sociedad. Resultados parecidos han sido apuntados por otros trabajos en el ámbito de la opinión pública. Este estudio supone un paso adelante al generalizar estos resultados y el ámbito de aplicación a otros procesos sociales.

En general, cuanto más independientes sean los individuos de una sociedad, más dinámica se vuelve, es decir, se produce un mayor número de cambios en el ranking de tendencias. Sin embargo, sorprendentemente, esto no afecta a la distribución de los tamaños de las tendencias, que seguirá siendo igualmente sesgada. Esto es, cuanto más independientes son los individuos, las tendencias cambian de peso con mayor frecuencia, lo que hace que cambien con más frecuencia su orden en el ranking (podría incluso suceder que la tendencia dominante perdiera el liderazgo y nunca más lo recuperase), mientras que los pesos relativos de las tendencias ordenadas de mayor a menor permanecen invariantes.

Pese a lo esperado, se establece que un nivel alto de independencia en una sociedad no es necesaria para alcanzar el pluralismo, basta con haya algo. De hecho, demasiada independencia puede ser disfuncional, al atomizar la sociedad (aislamiento de los individuos). También es de especial relevancia social saber que una mayor densidad poblacional, no solo no lleva a que se conserve un mayor nivel de diversidad, sino que el efecto es opuesto, el de una mayor uniformidad social.

En general, una mayor densidad poblacional conduce a una mayor homogenización de la sociedad. Hay dos vías para influir sobre la densidad poblacional, aunque con diferentes matices. La primera consiste en aumentar la población. El anterior resultado en este caso, puede parecer poco intuitivo. La sociedad más numerosa, pese a tener mayor capacidad para la diversidad, es conducida a una mayor homogeneización. La segunda consiste en reducir el número de dimensiones. Dado que el número de dimensiones se puede interpretar como el grado de detalle con el que se representan a los agentes, una nueva dimensión aumenta las posibilidades que tienen los agentes de diferenciarse de los demás. Dicho de otro modo, si sólo se considera una faceta, habrá muchos individuos iguales; a medida que introducimos más detalles (facetas), van surgiendo individualidades a partir de lo que parecía inicialmente homogéneo. Sin embargo, cuando la densidad es excesivamente baja, el efecto es el opuesto, es decir, al aumentarla se aumenta la diversidad.

El modelo presentado es capaz de reproducir diversos fenómenos de procesos sociales influidos por la emulación, como por ejemplo las modas y las tendencias de opinión. Nos referimos a las fluctuaciones de las áreas de tendencia, el cambio de liderazgo, la desaparición y el resurgimiento de áreas, y la lucha que se produce principalmente entre áreas adyacentes. No todas las áreas tienen el mismo peso. El área dominante suele estar en la zona central, aunque existen casos reales en los que posiciones extremas se convierten en mayoritarias. Aunque el nivel de independencia de los individuos no influye en que el área dominante se encuentre en el centro, una menor tolerancia reduce el peso de las áreas centrales, haciendo más probable que el área dominante sea extrema. Alemania en los años 30 es un ejemplo dramático de ello. No obstante, la evidencia muestra que las posiciones dominantes suelen ser moderadas, que es consistente con los resultados obtenidos. La reproducción cualitativa de todas estas propiedades observadas en la realidad, supone una validación teórica de la dinámica del modelo, al no haber sido tenidas en cuenta en las especificaciones de éste.

Se emplean los micro-datos de una encuesta oficial de carácter social a 1850 individuos para hacer una validación empírica, a posteriori, de la dinámica del sistema. Se seleccionaron dos preguntas de opinión, y aplicando los mismos métodos teóricos, se estimaron tres variables agregadas que describen el estado del sistema. Calibrando los parámetros para dos de ellas, la tercera fue perfectamente estimada en los 6 segmentos considerados. Los resultados fueron consistentes con la interpretación

social de los parámetros, lo que muestra la validez de la dinámica propuesta.

Para finalizar, se concluye con un apunte sobre las implicaciones normativas que el modelo sugiere para obtener un determinado comportamiento social. La tolerancia (homofilia) es el factor más relevante en la dinámica, y por ende, un organismo regulador que pretenda por ejemplo inducir un bipartidismo o un consenso sobre cierto tema, debe centrar su atención en influir y controlar principalmente este factor. Mediante campañas en los medios de comunicación a favor de la tolerancia y la sensibilización, se puede aumentar. También se pueden emplear campañas informales de propaganda, como los argumentos de las películas y series televisivas, para sensibilizar a los individuos sobre el tema de interés. En contraposición, para disminuir la tolerancia, se pueden realizar campañas en los medios de comunicación centradas en el sentimiento de pertenencia a los valores propios de cada comunidad.

Sin perjuicio de lo anterior, se puede modificar el número de dimensiones consideradas (facetas) para controlar el nivel de homogenización de una sociedad. Se puede utilizar una estrategia de “simplificación” para aumentar el peso que los individuos otorgan a ciertas facetas que los une, a la vez que se reduce el de aquellas que los diferencian, de tal manera que paulatinamente se vaya reduciendo el número de facetas que el individuo considera a la hora de evaluar su grado de similitud con los demás. Otras estrategias que modifiquen el número de facetas pueden ser planteadas para los fines opuestos. El organismo regulador debe evaluar, en cada momento y para un mismo efecto, si es más adecuada una política centrada en controlar el grado de tolerancia o el número de facetas que consideran los individuos en sus interacciones.

1.8. Apéndice: pseudo-código del modelo

1. Crear un grafo en el espacio de características con un conjunto fijo de N nodos, inicialmente sin aristas. La posición inicial de cada nodo se calcula aleatoriamente a partir de una distribución uniforme.
2. Por cada periodo:
 - 2.1. Se ordena aleatoriamente una lista con todos las posibles aristas (no dirigidas) y entonces se evalúan.

- 2.2. Por cada arista (i, j) :
 - 2.2.1. Se elimina la arista (i, j) del grafo si existe.
 - 2.2.2. Con probabilidad P_{ij} los agentes i y j interactúan (ver: Afinidad).
 - 2.2.2.1. Se aproximan mutuamente (ver: Intensidad de la emulación).
 - 2.2.2.2. La arista (i, j) se agrega al grafo.
- 2.3. Se ordena aleatoriamente la lista de nodos.
- 2.4. Cada nodo i , con probabilidad p , actualiza su posición aleatoriamente a partir de una distribución uniforme (ver: Innovación).

Capítulo 2

Un modelo computacional de difusión de innovaciones

2.1. Introducción

2.1.1. Innovaciones

Los modelos convencionales, pese a su simplicidad, han ayudado a comprender muchos aspectos de la realidad económica. No obstante, su carácter estático, la consideración de productos homogéneos, la existencia de un agente representativo, la teórica racionalidad de los consumidores, así como la falta de interacción social suponen serias limitaciones en el estudio de fenómenos económicos. Un flagrante caso lo encontramos en el estudio de la innovación, que es habitualmente ignorada por su naturaleza dinámica (Nelson y Winter (1982); Malerba et al. (2007)). Sin embargo, aspectos económicos tan relevantes como la tasa de desempleo o el crecimiento económico están estrechamente relacionados con ella.

Ésta puede ser vista como un proceso evolutivo de “destrucción creativa” (Dosi y Nelson (2010)). La “innovación de proceso” destruye puestos de empleo al aumentar la productividad y, por ende, el crecimiento económico, mientras que la “innovación de producto” crea nuevos sectores demandantes de empleo, lo que redundaría en una reducción de la tasa de desempleo (Saviotti y Pyka (2004)). De esta manera, la innovación no es un aspecto periférico del sistema económico, sino central, es su

motor; en un sentido “darwinista”, es la que transforma la economía, y difícilmente puede ser ignorada.

Una orientación evolutiva y constructivista –como la seguida por la Economía Evolutiva– se hace necesaria para el estudio de las innovaciones y de muchos otros aspectos económicos caracterizado por la irreversibilidad de sus dinámicas (Marengo y Willinger (1997)).

La difusión de innovaciones es un área que ha cobrado un creciente interés en los últimos años. Se observa que los mercados suelen presentar curvas en forma de S en las tasas de adopción de las innovaciones. Es decir, la innovación es adoptada inicialmente por muy pocos consumidores, luego se alcanza un punto crítico a partir del cual se produce un crecimiento más que lineal de los adoptantes, hasta que el mercado se satura y su crecimiento va tendiendo a cero. Si bien existe un consenso empírico sobre este fenómeno, aún no lo hay sobre sus causas teóricas. Las más comunes suelen ser la reducción de precios que se produce por unos menores costes procedentes de una creciente demanda, la difusión viral de la información –los adoptantes lo recomiendan a su entorno social– o los efectos de red positivos (Rixen y Weigand (2013)).

Siguiendo una orientación evolutiva y constructivista, introducimos un modelo estocástico de difusión de innovaciones con el fin de profundizar en las causas que producen el patrón en forma de S tan característico en este tipo de procesos. Esta curva consta de dos propiedades especialmente interesantes. El nivel de saturación es la primera, es decir, la proporción máxima alcanzada del mercado potencial. La segunda es la velocidad de difusión, esto es, el tiempo que tarda aquello en suceder. Estamos interesados en identificar qué factores socio-económicos –especialmente las TICs (Tecnologías de la Información y las Comunicaciones)– pueden ejercer un marcado efecto sobre la saturación del mercado y/o en la velocidad de difusión de las innovaciones. Y es que, en un mundo cada vez más global e interconectado –en gran medida como consecuencia de las TICs–, sus sinergias socio-económicas deben ser evaluadas.

Adentrarse en el reino de lo desconocido es desconcertante y arriesgado. Esto es especialmente cierto en el caso de las innovaciones, puesto que no cuentan con datos históricos sobre los que sustentar la toma de decisiones. De manera que, unas directrices complementarias a las ya existentes son de vital importancia para el éxito.

Nos centraremos en analizar aquellos factores que sean controlables por los agentes económicos –fundamentalmente empresas e instituciones públicas– a fin de que este estudio les sea de utilidad –en un sentido normativo– para implementar políticas de marketing más eficaces en el lanzamiento de nuevos productos. De esta manera, el estudio no sólo supone un paso adelante en la formalización teórica que atañe a la difusión de innovaciones, sino que también tiene un marcado carácter aplicado.

El estudio revelará algunas pautas –para empresas e instituciones– que les puedan servir de apoyo en la toma de decisiones. Una de las cuestiones más desconcertantes a la que se enfrentan las empresas es la de determinar la estrategia de lanzamiento que maximiza la difusión de una innovación. Lógicamente, ninguna estrategia es siempre óptima, sino que dependerá de las circunstancias. Algunas de ellas han sido tradicionalmente estudiadas y son conocidas como los determinantes del marketing, que engloban: el marco socio-económico, el marco legal, el marco coyuntural, la competencia, el mercado, el consumidor, y cómo no, la empresa (Torres y Córdoba (1992)). Con un enfoque diferente al habitualmente empleado, volveremos a analizar algunos de los determinantes clásicos, como el mercado. Valoraremos el impacto que tiene su madurez en la difusión de innovaciones, y por ende, en la toma de decisiones empresariales.

Sin embargo, la novedad principal de este estudio proviene de otro determinante, que a pesar ser crucial en la toma de decisiones, aún no ha sido suficientemente estudiado debido a su incipiente desarrollo, nos referimos al marco de las TICs. Referido éste, al uso de las TICs que hacen los individuos de la sociedad, sea con fines comerciales o no. Debido a que su desarrollo –infraestructuras y potenciación de su uso– es competencia directa de las instituciones públicas, este marco se considera un determinante para la empresa, no una variable de decisión.

Nuestro estudio podrá servir de ayuda a la hora de elegir estrategias adecuadas de lanzamiento en función del marco de las TICs. Tener en cuenta esta nueva incógnita en la ecuación puede suponer la diferencia entre el éxito y el fracaso, entre la eficiencia y el derroche total de recursos. Siendo menos catastrófico, si bien es cierto que una empresa puede tener éxito en su campaña sin emplear los recursos de manera óptima, no hacerlo puede ocasionar un impacto negativo sobre los beneficios empresariales.

2.1.2. Marco del producto e influencia social

El producto considerado en el estudio se comporta como un bien cuando se contempla su dimensión social –así, el prestigio, los efectos de red positivos, la identidad grupal y/o el estatus aportado incrementan la utilidad cuanto más se consume–, pero es mucho menos valorado cuando se evalúa aisladamente, es decir, considerando únicamente la utilidad material procedente de sus características técnicas. Al eliminar la dimensión social, el bien puede perder todo o parte de su atractivo (bienes de consumo conspicuo, Veblen (1899)) o incluso convertirse en un mal –la utilidad material se ve reducida al aumentar su consumo, como sucede con las adicciones. Un ejemplo de esto último lo podemos encontrar en el alcohol o el tabaco, que son bienes considerando su dimensión social –en ciertas comunidades se le asocia tácitamente un estatus al consumo–, pero un mal al descontar ésta (sobre la salud).

El marco formal de este estudio se puede emplear para productos tan diversos como las adicciones –tema de alto interés social– o los bienes de consumo conspicuo –bienes Veblen– que son aquellos que total o parcialmente otorgan estatus social o éxito (Veblen (1899)) y que tienen como caso particular a los bienes posicionales (Hirsch (2005)). Como sólo estamos interesados en una propiedad de los bienes –su dimensión social–, a efectos de nuestro modelo, los bienes de consumo conspicuo y los bienes posicionales son equivalentes. De esta manera, con el fin de hacer la narración más concreta y clara, nos vamos a centrar en los bienes posicionales, empleando su terminología. Estos son productos y servicios cuyo valor proviene principalmente del atractivo que generan a otros agentes, en comparación con otros bienes sustitutos (Hirsch (2005)). Su valoración no proviene tanto del valor material aportado, sino de su dimensión social –la reputación social–, ya sea en forma de distinción, popularidad, estatus, estilo, originalidad, prestigio o una cierta imagen de sí mismo (Veblen (1899); Lancaster (1966); Stigler y Becker (1977); Baudrillard (1981); Becker (1996); Witt (2001)). Y es que resulta que los seres humanos, como seres gregarios organizados jerárquicamente, obtenemos satisfacción de la posición percibida que tenemos en nuestra jerarquía social, de manera que parte de la valoración del bien proviene de que permita identificar –con más certeza mejor– a su comprador con el lugar que ocupa en la escala social percibida¹.

¹Lo que influye en nuestro criterio es la realidad percibida, no la propia realidad. Así, lo importante es lo que crea el individuo que los demás pensarán de él, no lo que realmente piensen.

La medida en que el valor del bien depende de esta clasificación se denomina posicionalidad. Ésta es relativa a la comunidad a la que el individuo se considera o aspira pertenecer, esto es debido a que la forma en la que se mide el prestigio depende de la idiosincrasia de cada comunidad humana. Así pues, para una comunidad de aficionados al motor, poseer un potente y caro 4x4 supone cierto prestigio, haciendo que dicho bien sea posicional, mientras que no lo es dentro de una comunidad de ecologistas. Por supuesto, algunos bienes se pueden considerar enteramente posicionales, como por ejemplo los tatuajes, las joyas o broncearse. Carecerían de valor de vivir aislados, sin contacto con otras personas. En cambio otros sólo tienen algún grado de posicionalidad, como elegir el vecindario, el entretenimiento, las aficiones, la pertenencia a clubs, el turismo o el lugar de vacaciones (Leiss (1983); Cowan et al. (1997); Corneo y Jeanne (1999)). Un Rolex de oro, a pesar de su mayor calidad técnica, aporta similar bienestar material –dar la hora– que otros relojes más baratos. La erótica del poder también puede considerarse –*sui generis*– un bien con cierta posicionalidad, en tanto en cuanto hay individuos que están dispuestos a pagar el coste de asumir mayores responsabilidades –a veces manteniendo el mismo salario– con tal de gozar de una mayor posición sobre los demás. Hoy en día, casi la totalidad de las actividades de consumo cuentan con cierto grado de posicionalidad. Al igual que con el reloj de oro, una camisa de una prestigiosa marca es una versión con mayor posicionalidad –y mayor precio– que su equivalente de marca blanca. Podemos asumir que este producto equivalente existe siempre, al menos virtualmente, dada la gran oferta con la que cuenta el consumidor en los mercados modernos. De esta manera, el consumidor está dispuesto a pagar una cuantía adicional por la dimensión social –posicionalidad– del producto.

El producto bajo estudio siempre es en relación a aquellos sustitutos de menor precio, pero de igual utilidad material. Dicho de otro modo, la adopción del producto se refiere al producto posicional –que es el que se encuentra bajo estudio–, mientras que la no adopción significa que se adquiere el producto básico equivalente –sin posicionalidad–, que es la contraparte no representada explícitamente en el modelo. Las conclusiones de este estudio pueden ser extendidas –al menos como aproximación– a otros productos que no cumplan estrictamente las hipótesis de partida, es decir, aquellos que no tengan sustitutos de igual utilidad material y menor precio.

Esta dimensión social, lejos de ser una anécdota de mercado, cada vez cobra más y más peso en los mercados, y por tanto, en las estrategias de marketing de las empresas.

Hoy en día, las grandes empresas no venden productos, sino experiencias; o como decía Steve Jobs, venden sueños, no productos. La inversión en imagen de marca que realizan la gran mayoría de las grandes empresas hoy en día consiste, visto desde esta perspectiva, en aumentar la dimensión social del producto, introduciendo un conjunto de características socialmente interpretadas, cuyas connotaciones sociales –prestigio, distinción, estilo– otorgan un valor añadido a las características técnicas del producto (lo hacen más posicional). El producto aumentado –con esta dimensión– es más valorado y diferenciado del de la competencia. Económicamente, la demanda-precio se hace más rígida a la vez que la cruzada con sus competidores se vuelve más independiente. Una de las estrategias para implementar este valor añadido –cuando es posible– consiste en crear una comunidad de usuarios que fomente el uso de la marca. El producto es tomado –total o parcialmente– como símbolo de identidad grupal, de manera que ser adoptante da un sentimiento de pertenencia y prestigio dentro de la comunidad, mientras que dejar de serlo, todo lo contrario. La comunidad se encargará directa o indirectamente de atraer nuevos adoptantes, lo que puede ser visto como un efecto de red positivo, ya que cuanto mayor y fuerte sea la comunidad, más poder de atracción tendrá. Desde el punto de vista de la gestión empresarial, esto es muy ventajoso, puesto que una vez la comunidad se ha hecho autosuficiente, el apartado presupuestario destinado a la comunicación empresarial estará resuelto sin tener que realizar aportaciones adicionales.

La valoración social del bien considerado depende del contexto social del individuo, de cómo interactúan los individuos con su entorno. En este sentido, la emulación social es uno de los más poderosos mecanismos de influencia social, actúa continuamente, en cada interacción social, y silenciosamente condiciona nuestras preferencias, nuestros anhelos y nuestra forma de ver el mundo. Los estilos de vida, las tribus urbanas o las comunidades tienen su origen en la emulación. Son colectivos, a veces con fronteras difuminadas, otras no tanto, a veces formales, otras informales, pero siempre con lazos directos o indirectos sobre los patrones de consumo, que en última instancia, están detrás de la segmentación del mercado.

2.1.3. Objetivos y metodología

En este estudio proponemos un modelo de difusión de innovaciones que dota a los individuos de una racionalidad social –basada en mecanismos de emulación– para

tomar decisiones de consumo (adoptar/dejar de adoptar). La emulación es una de las formas más simples y frecuentes de influencia social. Es la responsable de que los individuos converjan localmente en comunidades, parte esencial de la red social, de la cual dependen las interacciones entre individuos y sus decisiones, en particular las de consumo. Empleando la influencia social, la dinámica del modelo propuesto es capaz de generar el surgimiento y co-evolución endógena de comunidades, y en base a las interacciones que surgen de la estructura social subyacente, las decisiones de consumo que toman los individuos. A diferencia de otros enfoques centrados en factores internos al individuo, en este trabajo se fija la mirada en el otro lado, el social, determinando su lugar en la difusión de innovaciones.

El objetivo del presente modelo es identificar los factores que influyen sobre la difusión de innovaciones –con especial énfasis en los relacionados con las TICs– a fin de obtener unas líneas generales que sirvan como ayuda –a empresas e instituciones– en la toma de decisiones para difundir una innovación. Para ello, nos centramos en aspectos controlables como la política de marketing y el marco de las TICs (uno de sus determinantes). El primero bajo el control de las empresas (variables de decisión), mientras que el segundo de las instituciones (mediante políticas que fomenten su uso entre la población). De los elementos de la política de marketing, nos centramos en la imagen de marca y la campaña de lanzamiento, la cual incluye decisiones como el momento de entrada (*timing*), la estrategia empleada y su intensidad.

Todo ello, reviste especial importancia a la hora de diseñar convenientemente la política de marketing que resulte más beneficiosa para la empresa, es decir, aquella que reduzca el riesgo y los costes a la par que incremente el nivel de ventas y la velocidad de difusión del nuevo producto. Más adelante veremos –entre otras cosas– cómo el uso intensivo de las TICs por parte de la sociedad, puede llevar a que las empresas tengan que invertir menos capital en su campaña de lanzamiento y a que se reduzca la incertidumbre asociada a la introducción de una novedad al mercado. En suma, conocer cómo asignar los recursos para minimizar la incertidumbre asociada a la entrada de nuevos mercados –lanzamiento de una innovación– a la par que los recursos financieros necesarios para conseguirlo.

Debido a la intratabilidad analítica del problema, recurrimos a un enfoque computacional, en concreto a la modelización basada en agentes (ABM), una metodología de carácter interdisciplinar que permite estudiar sistemas socio-económicos considerando relaciones dispersas entre agentes heterogéneos que dan lugar a la emergencia

de propiedades agregadas a nivel macro (Pyka y Fagiolo (2007); Rixen y Weigand (2013)). Pese a su reciente desarrollo, esta metodología está despertando un creciente interés como herramienta teórica para el estudio de sistemas complejos. En nuestro caso, a nivel micro tendremos los individuos que forman y transforman sus gustos y deseos, fundamentalmente por interacción local (vía emulación social). El nivel macro (de mercado) será el resultante de la agregación de algunas variables de interés, como la tasa de adopción del bien, así como de otras variables derivadas de ésta.

El documento se estructura de la siguiente forma. En la sección 2 describimos el modelo. Primero informalmente, donde comentamos las hipótesis consideradas en el modelo, tanto las correspondientes al comportamiento de los consumidores como al tipo de producto –ya comentado holgadamente en la introducción. En segundo lugar, se introducirán todos los formalismos necesarios para describir, con rigor, el modelo propuesto. En la sección 3 se determina empíricamente la influencia que tienen las TICs en los parámetros del modelo. La calibración de los parámetros se hace a partir de una encuesta social realizada a 1850 individuos. En la sección 4 se describen las propiedades agregadas del modelo que se encuentran bajo estudio –*outputs*– y la forma en la que serán cuantificadas. En la sección 5 se estudiará el efecto que tiene cada parámetro, analizando los resultados procedentes de ejecutar miles de simulaciones del modelo teórico propuesto en supercomputadoras. Por último, en la sección 6 se presentan las conclusiones que podrán servir de guía en la toma de decisiones tanto empresarial como institucional.

2.2. Planteamiento del modelo

2.2.1. Descripción del modelo

Consideramos un producto homogéneo con cierto grado de posicionalidad en el consumo en relación a otro equivalente en sus características técnicas, pero sin dimensión social y de menor precio (por ejemplo, la ropa de marca respecto a otra equivalente en calidad y menor precio). Por comodidad denominaremos “producto ampliado” al que incluye la dimensión social del producto (su parte posicional) y “producto básico” al que no la incluye, de manera que su utilidad procede única-

mente de las características técnicas.

Es decir, el consumidor valora su posicionalidad y está dispuesto a pagar una cuantía adicional. Cuando el consumidor adopta el producto, se refiere al producto ampliado –que es el que se encuentra bajo estudio–, mientras que la no adopción significa que se adquiere el producto básico –contraparte no representada explícitamente en el modelo. Por ejemplo, si el individuo tiene la intención de comprar el producto, quiere decir que está dispuesto a comprar el vino más posicional (más prestigioso y de mayor precio), en vez del producto básico (de menor precio). Por simplicidad, y debido a ello, de ahora en adelante, emplearemos indistintamente el término “producto” para referirnos al bien en su totalidad, esto es, al “producto ampliado”.

La emulación es uno de los mecanismos de interacción más habitual entre individuos, está siempre presente, de manera consciente o inconsciente, y actúa sobre la percepción que el individuo tiene sobre el mundo, desde opiniones políticas o religiosas hasta comerciales, y marca –en gran medida– los hábitos, el comportamiento y la personalidad del individuo. La emulación social no ha de ser entendida –necesariamente– como algo irracional, sino que puede ser una forma de racionalidad social (Axelrod (1986); Frith y Frith (2008)). Emular a los demás puede ser ventajoso en entornos de alta incertidumbre, pues puede que los individuos observados se comporten de cierta manera porque cuenten con información adicional. Las personas, como individuos gregarios, nos adaptamos mutuamente a nuestro entorno social, convergiendo en comunidades de individuos afines. Esta convergencia en el comportamiento puede ser explicada por la emulación social (ver el primer capítulo). De manera que, cuanto mayor sea la posicionalidad del bien, más susceptible será a la influencia de la emulación. Cuantos más individuos del entorno social lo usen, más probable será que el individuo lo adquiera. A veces el producto se adopta porque se convierte en símbolo de identidad grupal, otras simplemente por la exposición social que supone estar interactuando con individuos que usan el producto.

Consideramos una sociedad formada por N individuos –parámetro del sistema– que es representada en un espacio social de características. Este espacio puede representar opiniones, creencias, gustos o preferencias. De esta manera, que dos individuos se encuentren en posiciones cercanas no quiere decir necesariamente que se encuentren físicamente cerca, sino que son individuos afines, con opiniones y gustos similares, que comparten cierto estilo de vida y/o una forma de ver y entender el

mundo. El lector se puede dirigir al modelo formal para entender mejor qué es el espacio social de características.

En el espacio social de características, cada individuo interactúa con mayor frecuencia con los más cercanos (localidad de la emulación arbitrada por α); al hacerlo se emulan mutuamente produciendo un acercamiento que, al depender éste de la importancia social relativa², es asimétrico (intensidad de la emulación controlada por β). Además de la emulación, el individuo puede cambiar su posición –con una probabilidad p – mediante la reflexión individual. Este parámetro puede ser visto como el nivel de independencia del individuo o el grado con el que el individuo tiene acceso a información más allá del entorno social, lo que posibilita la reflexión y la ruptura con el entorno (pensar diferente a su entorno social). La dinámica de influencia social basada en la emulación tiene su origen en el modelo introducido y analizado en el capítulo anterior de la presente memoria.

Un grupo de consumidores cercanos entre sí en el espacio social de características es considerado en este modelo como una comunidad. No se debe confundir con un segmento de mercado, puesto que las características que unen a los individuos –afines– son de naturaleza social y no comercial. Si bien, como las comunidades están integradas por individuos cuyos estilos de vida son similares y que interactúan frecuentemente, tienden a emularse no sólo en lo social, sino en los patrones y hábitos de consumo, muy ligados a la parte comercial. De manera que, colateralmente, el consumo viene determinado –en parte– por la comunidad a la que se pertenece. Las comunidades que aglutinan a más del 5 % de la población total son catalogadas de representativas.

Al iniciar el sistema, los individuos están distribuidos uniformemente en el espacio de características, ninguna comunidad se ha formado aún, la red social aún tiene pocas conexiones y podríamos decir que la estructura aún está en formación. Conforme el tiempo va transcurriendo, la estructura social se hace más madura y las comunidades van estabilizándose. A esta madurez de la estructura social la llamaremos, indistintamente, madurez social, madurez de la demanda o madurez del mercado. La madurez depende únicamente de los parámetros del modelo de emulación, principalmente de α , puesto que cuanto mayor sea ésta, menor es la probabilidad de

²Los más prestigiosos, visibles o famosos tienen un mayor poder persuasivo y, en consecuencia, atraen más al otro hacia su posición.

que dos individuos interactúen en cada momento, haciendo que el sistema madure más despacio. Medimos el grado de madurez social por la proporción $M(t)$ de la población total que se encuentra aglutinada en comunidades representativas.

El proceso de difusión de innovaciones se inicia con la campaña de lanzamiento del producto (pistoletazo de salida de la campaña de marketing). La empresa debe decidir qué nivel de madurez es más adecuado para lanzar la innovación –este umbral es representado por el parámetro m . En el momento en el que se toma la decisión de fijar m , necesariamente se cumple que $m \geq M(t)$. Aunque el modelo no considere explícitamente competidores, hay que tener en cuenta que una mayor madurez entraña un mayor riesgo de que la competencia ingrese al mercado. En segundo lugar, debe decidir la intensidad de la campaña de lanzamiento, medida como la proporción –parámetro c – de la población que serán adoptantes tempranos al lanzar la innovación. En tercer lugar, debe decidir la estrategia de lanzamiento –parámetro s – a seguir, esto es, el modo en el que serán seleccionados los adoptantes tempranos. Más adelante analizaremos distintas estrategias de lanzamiento que puede llevar a cabo una empresa para difundir su innovación. Analizaremos cuatro de ellas, aunque muchas otras son posibles. La de control –referencia– consiste en distribuir indiscriminadamente la población de adoptantes tempranos –por ejemplo regalándole el producto. La estrategia denominada “orden prioritario” consiste en distribuirla sobre la comunidad dominante y, en caso de ser insuficiente, continuar por las demás comunidades ordenadas de mayor a menor tamaño (importancia). La estrategia denominada “representativa” consiste en distribuirla indiscriminadamente entre las comunidades representativas. Y por último, la estrategia de “líderes de opinión”, que consiste en que los primeros adoptantes sean los líderes de opinión, los más visibles, famosos o prestigiosos, que formalmente son los *hubs* del sistema, *i.e.*, los que tienen más enlaces dentro de la red social.

Tanto la cantidad de individuos (c) como la estrategia adoptada (s) implican asumir diferentes costes para la campaña de lanzamiento. Unas de las cuestiones del estudio es determinar cómo el momento (m), la intensidad (c) y la estrategia (s) empleada en la campaña de lanzamiento influyen en la difusión de las innovaciones (tasa conseguida y velocidad). Más adelante veremos –entre otras cosas– cómo el uso intensivo de las TICs por parte de la sociedad, reduce el riesgo de hacer una campaña de lanzamiento sub-óptima, pudiendo escoger la más económica, lo que redundaría en una menor necesidad de capital para las campañas de lanzamientos.

El individuo interactúa con su entorno vía emulación a dos niveles: social y comercial. El primero está presente siempre –desde el principio– e implica que los individuos, tras interactuar, se vuelven más parecidos entre sí, esto es, se produce un acercamiento de las posiciones individuales. El segundo tiene lugar una vez el producto ha sido lanzado al mercado, e implica formarse opiniones sobre intención de compra basándose en la que tengan los demás. Así, durante la interacción –después de que los dos individuos se acerquen–, el primero tendrá la intención de comprar el producto –con probabilidad a parámetro del sistema–, si el segundo actualmente la tiene. En caso contrario, seguirá con las mismas intenciones que ya tenía (fueran de comprar o no). El proceso es recíproco, aplicándose también en el sentido contrario (del segundo respecto al primero). En cada ciclo o periodo, todos los pares de individuos tienen la oportunidad de interactuar. Después de finalizar todas las interacciones y cambios de posición, cada individuo cuya intención sea la de adquirir el producto, decide por voluntad propia –formalizado como una probabilidad b – cesar en su idea. Es decir, el individuo puede abandonar su intención de adquirir el producto posicional, cambiando su intención de compra hacia uno equivalente de menor precio (y no posicional). Al final del ciclo, los individuos que sigan con la intención de comprar el producto, lo adquieren, y se convierten en adoptantes del mismo.

Como puede deducirse, la red social de interacciones es endógena y evoluciona con el tiempo a partir de las decisiones pasadas, a diferencia de las topologías estáticas de otras aproximaciones. No se introduce ninguna restricción que obligue a que la tasa de adopción sea estrictamente creciente y mucho menos a que tenga forma de S. Como veremos, este patrón aparecerá en algunos escenarios, como sucede si la proporción de adoptantes iniciales –parámetro c – supera, *ceteris paribus*, su nivel crítico.

El lector puede comprobar que los parámetros del modelo son: N , α , β , p , a , b , c , m y s . En el modelo de emulación del capítulo primero se determinó que N y β no tenían gran relevancia en la dinámica del sistema, por lo que no nos detendremos más en ellos. De los restantes, los susceptibles de ser controlados por las acciones de marketing de las empresas y por las decisiones institucionales revisten especial interés para el estudio.

En particular, recuérdese que α indica cómo de local es el entorno de interacción en la emulación. Cuanto menor es el parámetro, mayor serán las comunidades que

emergen, es decir, más global e interconectado se hará el mundo, con acceso a interacciones más plurales. También cabe recordar que el parámetro p refleja el grado de independencia del individuo o el grado de acceso a información más allá del entorno social, lo que posibilita la reflexión y la ruptura con el entorno. Más adelante (en la calibración empírica) veremos cómo el uso de las TICs –por parte de la sociedad– reduce α y aumenta p , siendo el primero de suma importancia en la dinámica de difusión de innovaciones. Estos parámetros son controlables directamente por las políticas institucionales de apoyo a las TICs, si bien las empresas pueden animar a las instituciones en esta dirección.

El parámetro a representa la posicionalidad del bien, y por ende, su propensión a ser difundido vía emulación. Ésta puede aumentarse implementando acciones de marketing encaminadas al aumento de la imagen de marca del producto respecto al de sus competidores. Algunas de estas acciones pueden consistir en diseñar comunidades de usuarios en las redes sociales o en enfocar el producto para explotar los efectos de red positivos. En el mundo de la informática son acciones habituales que suelen ir de la mano, pero no necesariamente. La campaña de lanzamiento entraña tres decisiones (c , m y s) por parte de la empresa. La primera consiste en determinar la cantidad de adoptantes iniciales (parámetro c). Indica el esfuerzo inicial en marketing de impulso realizado, como regalar directamente el producto, dar muestras –cuando sea posible–, promocionarlo con productos complementarios, otorgar descuentos, etc. El éxito del lanzamiento depende, *ceteris paribus*, de este parámetro, pues si es relativamente reducido, la difusión no terminará de arrancar y fracasará. La segunda consiste en determinar el nivel de madurez del mercado M que es requerido para el lanzamiento del producto (parámetro m donde se cumple que $m \geq M(t)$ en el momento de tomar la decisión). La última decisión consiste en la estrategia de lanzamiento empleada (parámetro s), que determinará la forma en la que serán seleccionados los adoptantes iniciales. Estos cuatro parámetros (tres de ellos de la campaña de lanzamiento) conforman la campaña de marketing completa, siendo éstos variables de decisión de la empresa, y por tanto, bajo su control.

El parámetro b es un factor bloque que aglutina diversos factores no controlables³, como la naturaleza del producto, la aparición de otros productos que compitan por

³Todo es controlable en algún sentido, sin embargo, las acciones que puedan emprenderse para incidir en estos factores son más lentas y costosas. No cambian en el horizonte temporal bajo estudio y, por tanto, son considerados exógenos.

la atención del consumidor, la reducción de la utilidad con el aumento del consumo y/o el perfil del consumidor.

De esta manera, podemos decir que α indica cómo de local es nuestro entorno de interacción, p cómo de reflexivos –innovadores– son los individuos, a está relacionado con la posicionalidad del producto y su susceptibilidad a ser emulado en el consumo, b con la propensión a abandonar su consumo en ausencia de estímulos sociales y c con la proporción de adoptantes iniciales respecto a la población total. Aunque suponga adelantar acontecimientos, es conveniente que el lector tenga presente las siguientes líneas generales: α y p son variables de decisión para las instituciones –mediante el uso de las TICs–, a , c , m y s son variables de decisión de la empresa, todos ellos son elementos de la campaña de marketing (los tres últimos de la campaña de lanzamiento), mientras que b no es controlable.

La figura 2.1 ilustra el esquema completo del modelo propuesto. En rosa aparecen los procesos que quedan latentes mientras la empresa no inicie la campaña; en rojo los parámetros implicados en cada proceso.

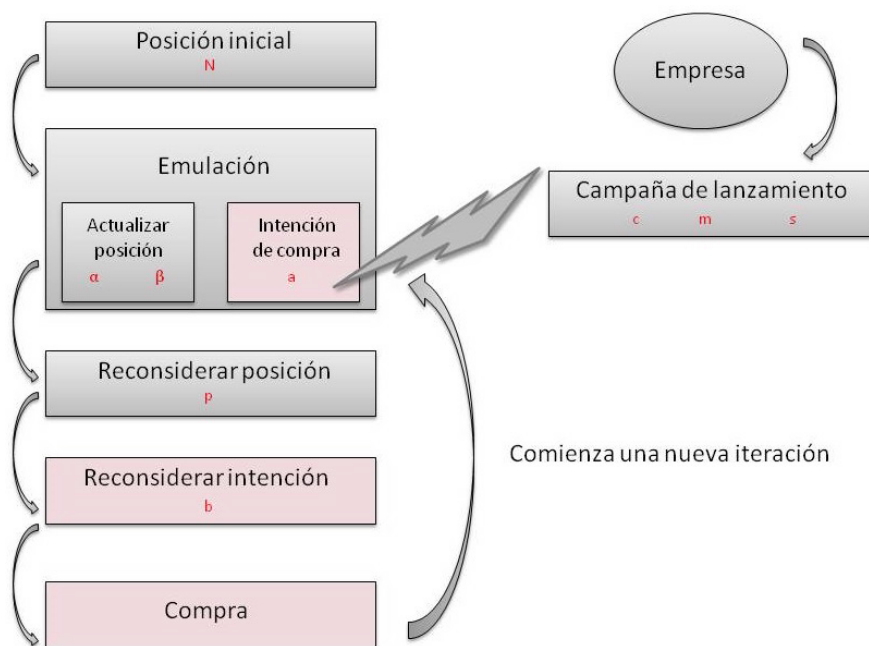


Figura 2.1. Esquema gráfico sobre el funcionamiento del modelo

Tras haber comentado todos los parámetros, se puede deducir que la decisión de adoptar el producto ampliado es endógena (depende de la dinámica del sistema),

mientras que la de dejar de hacerlo (adoptar el producto básico) es exógena. Analicemos los principales mecanismos del modelo que influyen en la decisión a favor de adoptar y su vínculo con la realidad. El individuo está dispuesto a pagar un precio superior cuando valora la posicionalidad del bien (la dimensión social). La presión social influye sobre la percepción y criterio del individuo, haciendo que la valore más cuanto mayor sea. De esta manera, ya que un menor tamaño de la comunidad (mayor α) y una menor posicionalidad del producto (menor a), lleva a una menor presión social, entonces la posicionalidad del bien es menos valorada, es decir, se percibe una menor diferencia entre el producto ampliado y el básico (de menor precio), y como consecuencia, es menos probable que el individuo adopte el primero en detrimento del segundo. La presión social –de la que depende la adopción– es endógena, mientras que la decisión de dejar de adquirirlo –y en consecuencia adoptar el básico– es exógena, en tanto en cuanto, depende del parámetro b .

En resumen, en este estudio consideramos una sociedad cuyos individuos se posicionan en un espacio social de características que determinan sus opiniones, sus deseos, sus identidades y su red de contactos. Cuanto más cerca estén dos individuos, con mayor frecuencia interactuarán y al hacerlo se emularán –se acercarán– mutuamente, tanto en aspectos sociales como, con cierta probabilidad, en la adopción del producto –por recomendación u observación. El lector interesado en detalles técnicos de modelización deberá recurrir al siguiente sub-apartado donde se introducirán los formalismos del modelo.

2.2.2. El modelo formal

Consideramos la difusión de un bien posicional homogéneo. El producto básico puede ser un bien –mayor utilidad al consumir más cantidad–, indiferente –el consumo no cambia la utilidad– o un mal –un mayor consumo implica una menor utilidad–, mientras que el producto ampliado tiene un precio superior y necesariamente tiene que ser un bien con mayor utilidad que el básico. Es decir, el consumidor valora su posicionalidad y está dispuesto a pagar una cuantía adicional. Consideramos que la adopción del producto se refiere al producto ampliado –que es el que se encuentra bajo estudio–, mientras que la no adopción significa que se adquiere el producto básico –contraparte no representada explícitamente en el modelo. Por simplicidad, y debido a ello, de ahora en adelante, emplearemos el término producto

para referirnos al bien en su totalidad, esto es, al producto ampliado.

Se considera una sociedad formada por una población constante de N individuos homogéneos (salvo por su posición inicial aleatoria). Los agentes son definidos por un conjunto de características que pueden representar opiniones, gustos, preferencias, creencias, etc. Todas las características están normalizadas a $[0, 1]$, donde 0 indica que el agente no presenta la característica en ningún grado, mientras que 1 es lo opuesto (Randow (2003); Deffuant et al. (2002); Said et al. (2002)).

De esta forma, cada individuo X_i , en cada periodo discreto t , es representando por su posición en el espacio social de características, esto es, por un punto o vector $x_i(t) = (x_i^1(t), \dots, x_i^n(t)) \in \mathbb{R}^n$, donde $x_i^k(t) \in [0, 1]$ mide la intensidad relativa de la característica k del agente X_i durante el periodo t (Randow (2003); Deffuant et al. (2002); Said et al. (2002)). Así, el espacio de características se define como $S = [0, 1]^n$ si éstas no están correlacionadas; en caso contrario, sería un subconjunto de S . La distancia entre cada par de individuos se denomina “distancia social” y mide el grado de similitud entre ellos (Liviatan et al. (2008)). Empleando la métrica euclídea sería: $d_{ij}(t) = \|x_i(t) - x_j(t)\|$. Una comunidad $G_i(t)$ es constituida por un conjunto de individuos cercanos entre sí en el espacio social de características, cuya posición más representativa, el centriolo, es denotada por $g_i(t)$. Asumimos que cada consumidor pertenece a una y sólo una comunidad, siendo éstas una partición sin intersección del conjunto de individuos. Los individuos pueden cambiar de comunidades por lo que algunas crecen o decrecen, mientras que otras aparecen o desaparecen.

Se trata de un modelo de tiempo discreto ($t = 1, 2, 3, 4, \dots$), denominados periodos o ciclos. Empleamos un RAU (Random Asynchronous Updating) para establecer en qué orden actúan los individuos. Elegimos este criterio porque es una de las mejores formas de aproximar el tiempo continuo a partir de uno discreto.

A continuación describiremos qué acciones acontecen y en qué orden dentro de cada ciclo iterativo. En cada uno de estos periodos t , los individuos pueden emularse –tanto socialmente como en el consumo– y decidir cambiar de entorno social (un completo estudio del modelo de interacción social puede encontrarse en el primer capítulo de esta memoria):

- Emulación local. Por cada par de agentes (en total $\frac{N \cdot (N-1)}{2}$), consideramos que la probabilidad de que dos individuos X_i y X_j (con posiciones $x_i(t)$ y $x_j(t)$)

interactúen viene dada por la expresión:

$$P_{ij}(t) = P_{ji}(t) = \left(1 - \frac{d_{ij}(t)}{d_m}\right)^\alpha,$$

donde $d_{ij}(t)$ es la distancia social entre los individuos X_i y X_j , y d_m es la distancia máxima entre dos individuos en el espacio de características. De este modo, la probabilidad de interacción entre dos individuos es mayor cuanto más similares sean, siendo $\alpha \geq 1$ un parámetro que regula el grado de localidad de la emulación: cuanto mayor sea α , menor será la probabilidad de interacción y la emulación será más local, dando lugar a que los individuos queden distribuidos en un mayor número de comunidades de menor tamaño. En realidad, el número de comunidades y la distribución de sus tamaños dependen de este parámetro (véase el capítulo 1). Por ello, el parámetro α puede ser interpretado como el grado de fragmentación de la sociedad. Como los individuos, por norma general, interactúan con los miembros de su comunidad –que son los más cercanos en el espacio social–, este parámetro marca gran parte de la dinámica del sistema. Una vez que dos individuos se emulan:

- Actualización de la posición. Los individuos se aproximan mutuamente, volviéndose más similares. Sin embargo, consideramos que el movimiento no es simétrico, de manera que el individuo más visible, famoso, mejor conectado o prestigioso tiene un mayor poder persuasivo. En concreto, si $V_{j/i} \in (0, 1)$ denota la visibilidad relativa (porcentaje relativo de interacciones) del individuo X_j respecto de X_i , suponemos que el movimiento de x_i a x_j en el periodo t se produce a lo largo del segmento que une $x_i(t)$ y $x_j(t)$ de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} x_i(t+1) &= x_i(t) + m_{ij}(t) \cdot [x_j(t) - x_i(t)], \\ x_j(t+1) &= x_j(t) + m_{ji}(t) \cdot [x_i(t) - x_j(t)], \end{aligned}$$

donde $m_{ij}(t) \in [0, d_{ij}(t)]$ viene dado por:

$$m_{ij}(t) = (V_{j/i}(t))^\beta \cdot d_{ij}(t), m_{ji}(t) = (V_{i/j}(t))^\beta \cdot d_{ij}(t),$$

siendo $\beta \geq 1$ un parámetro, constante para cada individuo y periodo, que controla la intensidad de la emulación. Así, cuando β crece, se re-

quiere una visibilidad relativa mayor para obtener la misma cantidad de movimiento relativo, por lo que este parámetro está relacionado con la velocidad de creación de las comunidades.

- Emulación en la intención de compra. Denotamos $A_i(t) = 1$ si el individuo tiene la intención de compra, y $A_i(t) = 0$ si no la tiene. Si $A_i(t) = 1$, con probabilidad a (parámetro del sistema): $A_j(t+1) = 1$; en caso contrario permanece como estaba ($A_j(t+1) = A_j(t)$). El mismo procedimiento es aplicado en el otro sentido, es decir, respecto del otro individuo. El resultado con este mecanismo es independiente de quién inicie el proceso, sea el agente X_i o el X_j . Nótese que cuanto mayor sea la comunidad, *ceteris paribus*, mayor será la probabilidad de adoptar el producto.
- Innovación (independencia) en el pensamiento. Por cada individuo X_i , consideramos también que puede cambiar su posición debido a factores ajenos a la interacción social. Este mecanismo está relacionado con el librepensamiento y la reflexión individual de las personas. Así, después de que el proceso de emulación haya terminado, suponemos que cada individuo X_i puede decidir –con cierta probabilidad $p \in [0, 1]$ – cambiar su posición $x_i(t)$ a otra $x_i(t+1)$ no correlacionada con la anterior, que es calculada a partir de una variable aleatoria n -dimensional con distribución uniforme sobre el espacio de características $S = [0, 1]^n$. Por tanto, el parámetro p mide la propensión a cambiar de entorno social.
- Por cada individuo X_i , con probabilidad b (parámetro del sistema), el individuo cesa en su intención de compra, esto es, $A_i(t+1) = 0$.
- Al final del ciclo, los individuos con intención de compra ($A_i(t) = 1$) la materializan comprando el producto. Nótese que en el transcurso del ciclo, cada individuo puede cambiar su intención de compra multitud de veces, pero sólo importa su decisión final (en el momento de la compra).

Hasta aquí queda definida la dinámica de los consumidores potenciales, pero el proceso de difusión no se inicia mientras no haya adoptantes, *i.e.*, hasta que el oferente no inicie la campaña de lanzamiento. Para ello, se precisa introducir tres parámetros adicionales de carácter estratégico. El primero es m que es el umbral que especifica la madurez social (de la demanda) deseada para lanzar el producto. Conforme el tiempo va transcurriendo, los individuos se van agrupando en comunidades

para, posteriormente, ir estabilizándose. La madurez social $0 \leq M(t) \leq 1$ es medida como la proporción de los individuos que se encuentran aglutinados en comunidades representativas ($> 5\%$ de la población). La tendencia de $M(t)$ no es decreciente, por lo que en el momento en el que se toma la decisión de fijar m , necesariamente se cumple que $0 \leq M(t) \leq m \leq 1$. El segundo es $0 \leq c \leq 1$ que representa la proporción de adoptantes iniciales. El tercer y último es $s = \{0, 1, 2, 3\}$, que representa la estrategia de lanzamiento seguida por la empresa, *i.e.*, cómo distribuir la población inicial de adoptantes. Formalmente cada una es detallada como sigue:

- Estrategia de “referencia” ($s = 0$): Sea l_P la lista que contiene a los N individuos de toda la población. Se seleccionan aleatoriamente $c \cdot N$ individuos de l_P siguiendo una distribución uniforme. Ésta puede considerarse como la ausencia de estrategia, puesto que no implica ningún conocimiento sobre el *target* de la empresa.
- Estrategia de “orden prioritario” ($s = 1$): Sea $r = c \cdot N$ el número total de individuos que se van a activar. Siguiendo una uniforme, se van seleccionando aleatoriamente individuos pertenecientes a la mayor comunidad, continuando el proceso por las inmediatamente menores en caso de no cubrir el cupo r .
- Estrategia “representativa” ($s = 2$): Sea aplica una estrategia de “referencia”, pero sólo sobre los individuos que pertenecen a las comunidades representativas, esto es, $l_R = \{X_i \in G_j : \text{card } G_j > 0.05 \cdot N\}$. Es la única estrategia cuyo número de individuos seleccionados r es menor, puesto que depende de la proporción de la población que está aglutinada en comunidades representativas en el momento de lanzar la estrategia. Recuérdese que la variable m mide precisamente esto, de manera que $r \approx c \cdot m \cdot N$.
- Estrategia de “líderes de opinión” ($s = 3$): Del total de la población, se seleccionan los $r = c \cdot N$ individuos con mayor visibilidad, *i.e.*, los más influyentes de la sociedad.

El lector debe notar que la decisión de adoptar el producto es endógena al depender de la dinámica del sistema, mientras que la de dejar de hacerlo (adoptar el producto básico) es exógena. La presión social hace que el individuo sea más favorable a la adopción, siendo mayor cuanto mayor sea el número de adoptantes que tenga el entorno del agente (fundamentalmente el tamaño de su comunidad)

y cuanto mayor sea la posicionalidad del producto. Es decir, cuanto mayor sea la comunidad (menor α), mayor será el número de individuos con los interactuar, y por tanto, la presión social a tener una intención de compra favorable, será mayor. De manera similar, cuanto mayor posicionalidad tenga el producto (mayor a), más propenso será a ser emulado en cada interacción que tenga el individuo. Como la presión social depende del estado del sistema, la decisión de adoptar es endógena. Por otra parte, la decisión de dejar de adoptar el producto ampliado –y en consecuencia sí el básico– es considerada exógena al ser formalizada como una probabilidad b , que es un parámetro del sistema. El motivo es puramente instrumental. Este parámetro representa a un conjunto de factores no controlables, como la naturaleza del producto o del consumidor, que al carecer de interés para nuestro estudio, es tratado como un factor “bloque”, anulando así su efecto. Para mayor nivel de detalles sobre el procedimiento, es recomendable volver a repasar la descripción formal del modelo y/o acudir al algoritmo del apéndice que se encuentra al final del presente documento.

Como podemos apreciar, a los dos parámetros claves del modelo base (α y p) le hemos incorporado cinco para el modelo de innovación (a , b , c , m y s). Como ya se comentó en la descripción informal del modelo, los parámetros α y p son controlables por las políticas institucionales a través de la TICs –como veremos en la siguiente sección–, el parámetro b no es controlable al ser intrínseco a la naturaleza del producto y de la demanda, mientras que el resto de los parámetros son controlables por la empresa. El parámetro a es aumentado al potenciar la posicionalidad del producto, esto es, al aumentar su imagen de marca. Mientras que c , m y s conforman la campaña de lanzamiento del producto y representan la intensidad, el momento y la estrategia de distribución respectivamente. Un esquema gráfico de estas relaciones se muestra en la figura 2.2. Las flechas indican relaciones de influencia; las rosas, aquéllas que hemos establecidas empíricamente, que son las que atañen a las TICs (en este caso mostramos el sentido –directo o inverso– de la relación).

Una vez vistos los formalismos del modelo, introducimos la evolución gráfica de lo que sucede en la simulación computacional. En la figura 2.3 se muestra la configuración del espacio de características social para $t = 1$, $t = 4$, $t = 8$ y $t = 12$ respectivamente. Los puntos azules son los individuos que no adoptan el producto, mientras que los rojos los que sí. Las aristas amarillas son las interacciones de emulación que han tenido lugar en dicho periodo. Se puede apreciar cómo los individuos se van aglutinando localmente en comunidades a medida que la sociedad madura.

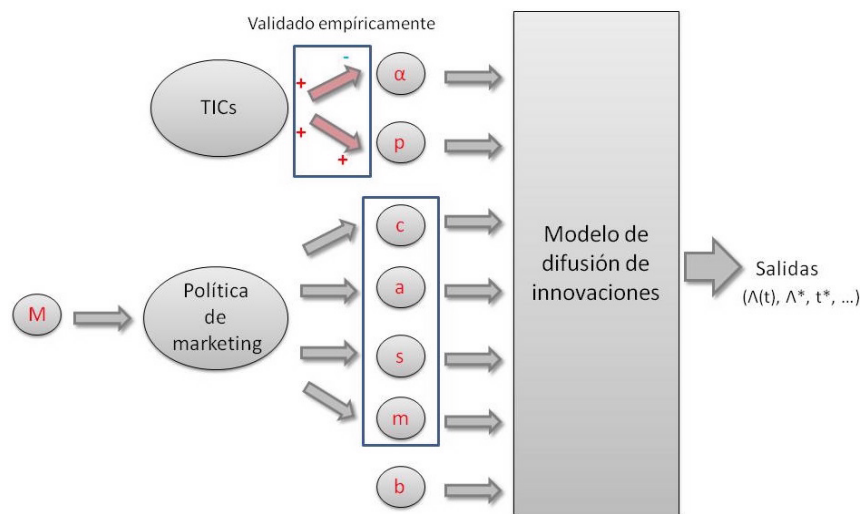


Figura 2.2. Esquema de los parámetros del sistema

De esta manera, los individuos van interactuando, casi siempre, con los miembros de su comunidad. Como se puede observar, hasta el ciclo 8 –en este caso– la empresa no ha lanzado la innovación al mercado, por tanto, el número de adoptantes hasta tal momento es 0. Una vez lanzado el producto, empieza la dinámica de emulación en la intención de compra, habitualmente entre individuos de una misma comunidad, aunque no siempre.

2.3. Estudio empírico: el efecto de las TICs

A fin de validar la dinámica y determinar el efecto que tiene el uso de las TICs en los parámetros del sistema, vamos a realizar una calibración de los parámetros, empleando para ello los mismos micro-datos ya utilizados en el modelo de emulación (capítulo primero). Recuerdese que el estudio consta de una muestra aleatoria de 1850 individuos que es sometida a diversas preguntas de carácter social.

Del cuestionario, seleccionamos las mismas dos preguntas que entonces –medidas en escala de Likert de 11 niveles– para representar las características de nuestro modelo en su versión bidimensional. A modo de recordatorio:

- Característica 1. Sentimiento hacia Europa (0 = nada europeo; 10 = muy europeo).

- Característica 2. Sentimiento ecologista (0 = nada ecologista; 10 = muy ecologista).

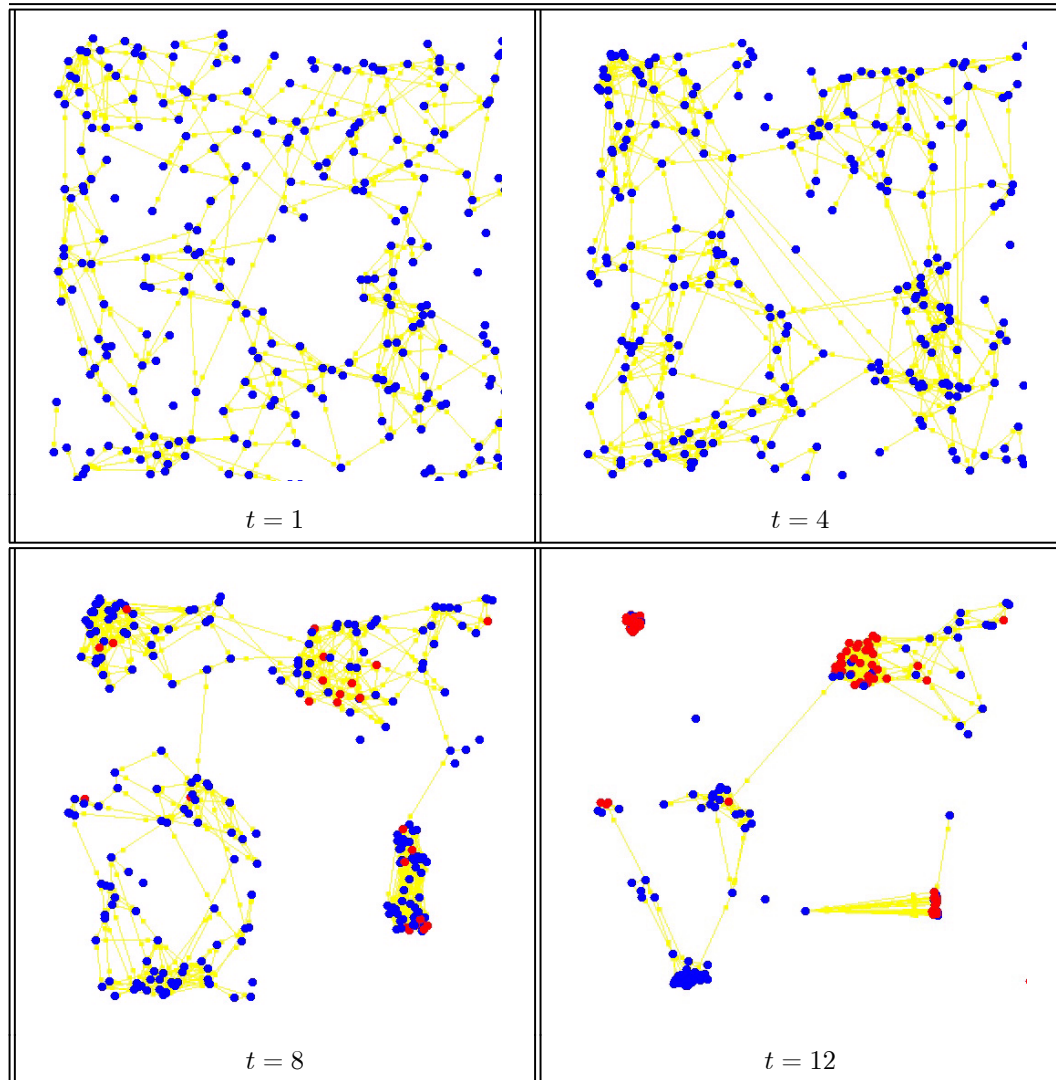


Figure 2.3. Imágenes de la evolución social en el espacio de características

Aplicamos la misma metodología (ver el capítulo primero), con la salvedad de segmentar la muestra por su uso de Internet (variable “InternetUso”) en tres estratos:

- Estrato 1=“No lo ha utilizado nunca”.
- Estrato 2=“Lo ha utilizado en alguna ocasión”.
- Estrato 3=“Lo utiliza de manera habitual”.

El lector debe advertir que esta cuestión está tratada en el cuestionario como una opinión y no como un hecho. La subjetividad introducida puede hacer que la edad influya a la hora de percibir la frecuencia de uso, y por tanto, se sesgue el uso objetivo que cada uno hace. Para controlar este efecto y hacer más homogéneos los estratos, volvemos a segmentar cada uno de ellos por la edad (variable “Edad”): $[18, 36)$, $[36, 55)$ y $[55, \text{máx}]$. De esta manera, tenemos 9 estratos al cruzar las dos variables de segmentación. A continuación calibraremos cada uno de los parámetros para dichos escenarios.

Uso de Internet	Nº de tendencias	Tamaño medio	Coeficiente de Gini	α	p
Nunca	7	10	0.3340	40	0.002
Ocasional	6	12	0.4987	34	0.006
Habitual	3	20	0.5530	20	0.010

Tabla 2.1. Calibración empírica para edad $\in [18, 36)$

Uso de Internet	Nº de tendencias	Tamaño medio	Coeficiente de Gini	α	p
Nunca	5	13	0.5043	30	0.005
Ocasional	5	14	0.4978	30	0.005
Habitual	3	21	0.6043	19	0.012

Tabla 2.2. Calibración empírica para edad $\in [36, 55)$

Uso de Internet	Nº de tendencias	Tamaño medio	Coeficiente de Gini	α	p
Nunca	7	10	0.4316	40	0.002
Ocasional	4	17	0.4788	24	0.008
Habitual	3	22	0.5952	19	0.010

Tabla 2.3. Calibración empírica para edad $\in [55, \text{máx}]$

Los valores estimados para α y p reproducen fielmente el número, tamaño y la desigualdad (sobre 75) de las tendencias sociales existentes en los datos analizados para diferentes usos de Internet y edades. Estos valores estimados son consistentes desde un punto de vista sociológico. Por una parte, se supone que el entorno social de los individuos que usan más Internet es más global –plural–, es decir, están más interconectados (menor α), lo que implica tener una mentalidad más abierta y tolerante. Por otra parte, un mayor uso de Internet brinda un mayor acceso a información no controlada –o dependiente– por el entorno social del individuo (mayor p), lo que conlleva a tener una mayor disposición a innovar. Esta tendencia

es consistente para todas las edades lo que refuerza la robustez de los resultados (véanse las tablas 2.1, 2.2 y 2.3). La calibración establece los rangos: $\alpha \in [19, 40]$ y $p \in [0.002, 0.012]$ que son asombrosamente similares a los obtenidos en el capítulo 1 con $\alpha \in [17, 34]$ y $p \in [0.003, 0.012]$, debido a lo cual conjeturamos –a falta de mayores evidencias futuras– que estos pueden ser dominios “razonables” –comunes– de tales parámetros en los sistemas reales, por lo que pueden ser tomados de referencia para futuras investigaciones.

Es evidente la influencia que tienen las TICs en ambos parámetros, y por ende, en la difusión de innovaciones, ya que, como veremos más adelante, las potencian de manera no lineal a través de estos parámetros. El parámetro α influye en el tamaño de las comunidades, y por tanto, determina endógenamente el nivel de presión social al que es sometido el individuo. El parámetro p traslada la innovación entre comunidades mediante la continua redistribución de individuos. Nuevamente son de los parámetros más relevantes del modelo, no sólo por su mencionada influencia, sino por su sentido normativo, al ser factores controlables por la política institucional.

2.4. Variables agregadas bajo estudio

Es menester definir un conjunto de variables agregadas que nos permitan conocer el estado del sistema respecto al nivel de difusión de la innovación. Parece lógico considerar la tasa de adopción, denotada por

$$\Lambda(t) = \frac{\sum_i^N \Lambda_i(t)}{N}$$

como la principal variable de salida. Su evolución temporal debe seguir el conocido patrón en forma de S. Si bien esta variable es suficiente para estudiar el impacto que tiene un parámetro en la saturación del mercado y/o velocidad de difusión, es insuficiente cuando se estudian dos parámetros simultáneamente. Debido a lo anterior, se hace necesario introducir dos variables atemporales, una por cada propiedad de la curva. La primera denotada por

$$\Lambda^* = \text{máx}(\Lambda(t))$$

para el máximo nivel de adopción alcanzado. La última denotada por

$$t^* = \min(t : \Lambda(t) = \Lambda^*)$$

para el tiempo que tarda en alcanzarse el máximo nivel de adopción, siendo ésta la inversa de la velocidad de difusión.

2.5. Simulación y análisis del modelo

Vamos a analizar el efecto que tiene cada parámetro en el estado del sistema. Este estudio marginal implica que el tamaño poblacional N y los demás parámetros permanezcan en sus valores por defecto, que son los siguientes: $N = 250$, $\alpha = 24$, $\beta = 6$, $p = 0.003$, $a = 0.1$, $b = 0.2$, $c = 0.05$, $m = 0.5$ y $s = 0$. Estos valores han sido seleccionados para que la dinámica sea suficientemente heterogénea como para incluir los escenarios más habituales. Los rangos paramétricos explorados para los sub-apartados posteriores son recogidos en la siguiente tabla.

Parámetro	Valores
α	De 10 a 44 con paso de 2
p	De 0 a 0.02 con paso de 0.001
a	De 0 a 1 con paso de 0.05
b	De 0 a 1 con paso de 0.05
c	De 0 a 1 con paso de 0.05
m	0.25, 0.50, 0.75
s	0, 1, 2, 3

Tabla 2.4. Rangos paramétricos explorados en las simulaciones

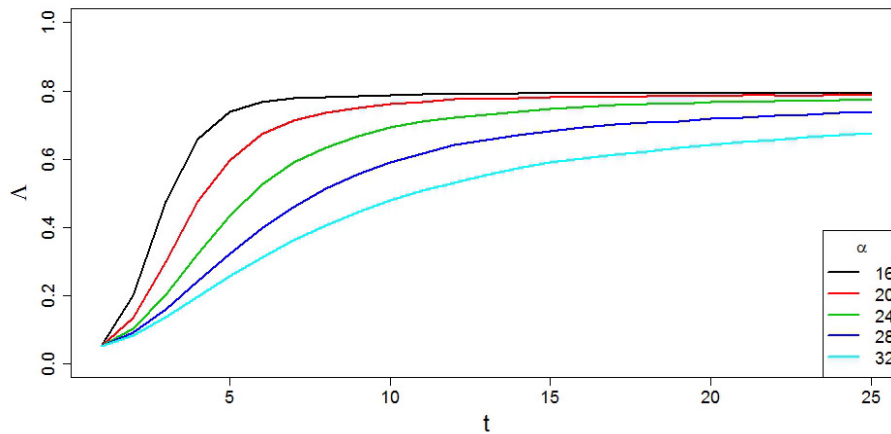
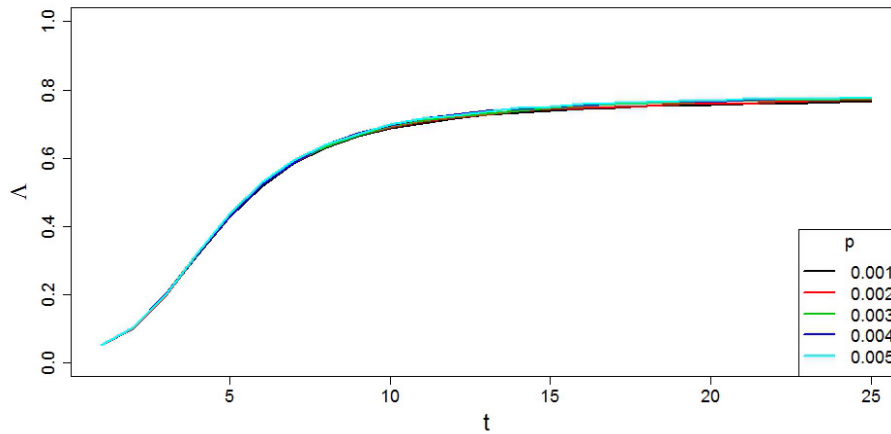
El total de simulaciones acometidas en esta sección concreta asciende a 366,000 simulaciones, cada una con 500 ciclos –como el explicado arriba–, con un total de 183,000,000 iteraciones simuladas.

Esta sección estará dividida en cuatro sub-apartados. En el primero, nos centraremos en la plausibilidad de la dinámica propuesta. Esta debe capturar la principal propiedad de la difusión de innovaciones en los mercados, el conocido patrón en forma de S en la tasa de adopción. En el segundo, vamos a determinar el efecto que tienen las TICs sobre la difusión de las innovaciones a través del control que ejer-

cen sobre los parámetros α y p . En el tercero, estudiaremos la relevancia que tiene acertar con la estrategia empleada en función del valor de cada parámetro (salvo m). Cabe la posibilidad de que en determinados rangos paramétricos, la estrategia empleada no importe, suponiendo en tales casos, un menor riesgo de equivocarse en el trazado de la campaña de lanzamiento, permitiendo a la vez, reducir la inversión destinada a ésta. Este punto es de suma importancia para la empresa en lo que se refiere a optimizar el uso de sus recursos. En este sub-apartado, prestaremos especial atención a los parámetros α y p , objetivo primordial de este estudio, puesto que vimos que guardan una relación directa con el marco de las TICs establecido en la sociedad. Recordemos que en el estudio empírico de la anterior sección vimos que un uso más intensivo de las TICs –por parte de la sociedad– implica un menor α (individuos más tolerantes e interconectados) y un mayor p (individuos más innovadores y con acceso a información más global). En el cuarto, nos dedicaremos a identificar la importancia del momento de entrada al mercado, *i.e.*, si la madurez del mercado requerida m influye de alguna manera en las conclusiones obtenidas previamente. Cabe la posibilidad de que una estrategia de lanzamiento s sea la mejor, si se entra cuando el mercado es incipiente, pero no cuando éste madura.

2.5.1. Plausibilidad: reproduciendo patrones conocidos

Uno de los objetivos de este estudio es determinar la dinámica subyacente a la difusión de innovaciones desde un punto de vista constructivista y evolutivo, es decir, partiendo de las propiedades de los individuos y de sus interacciones en el tiempo, todas ellas siguiendo especificaciones acordes a la evidencia empírica. Uno de los patrones más conocidos en la literatura empírica –previamente comentado– es la curva en forma de S en la tasa de difusión observada en los mercados. Nuestro modelo reproduce satisfactoriamente dicho patrón (figuras 2.4 y 2.5), lo que es indicativo de que la dinámica propuesta por el modelo captura las propiedades básicas de los mercados reales, otorgando plausibilidad al modelo. Un uso más intensivo de las TICs –por parte de la sociedad– acorta las primeras fases (mayor velocidad de difusión) a la par que alcanza un mayor nivel de adopción (mayor saturación).

Figura 2.4. Patrón en S de la tasa de adopción para distintos valores de α Figura 2.5. Patrón en S de la tasa de adopción para distintos valores de p

2.5.2. El impacto de las TICs en la difusión de innovaciones

Anteriormente validamos empíricamente que existe una relación entre el uso de las TICs y dos parámetros del modelo, α y p . En este sub-apartado abordaremos el principal objetivo del estudio, que es evaluar cómo afecta el uso de las TICs –por medio de estos dos parámetros– a la difusión de innovaciones, esto es, a la velocidad de difusión y la tasa de adopción alcanzada, también conocida como saturación del mercado. Los resultados sugieren que un uso más intensivo de las TICs por parte de la sociedad –menor α y mayor p –, reduce considerablemente el tiempo de difusión a la par que aumenta levemente la saturación del mercado (véanse las figuras 2.7 y 2.6 respectivamente). De esta manera, el lanzamiento de un nuevo producto al mercado

–una innovación– es más atractivo y viable cuanto más intensivo sea el uso que hace la sociedad de las TICs. Este marco –poco estudiado hasta ahora por su juventud– se configura como un determinante del marketing del que puede depender el éxito o fracaso de las empresas, y por tanto, condiciona la fortaleza y dinamismo del tejido empresarial del país. En este sentido, el fomento institucional de las TICs es crucial para la economía.

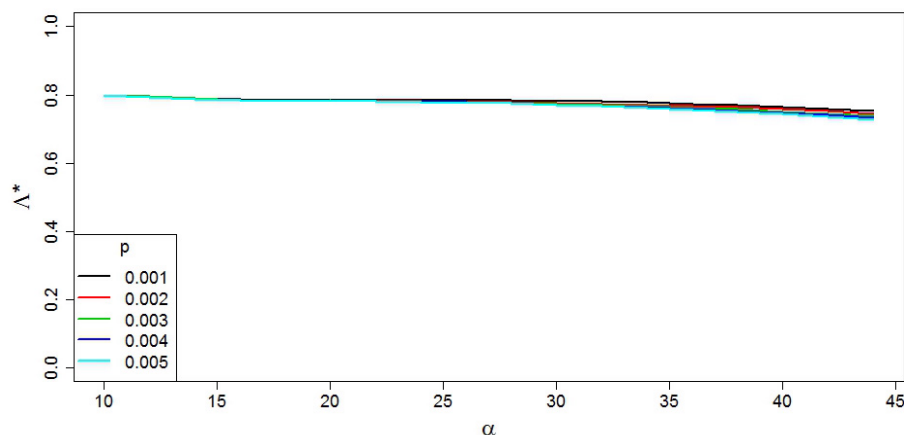


Figura 2.6. Influencia de las TICs sobre la saturación de mercado

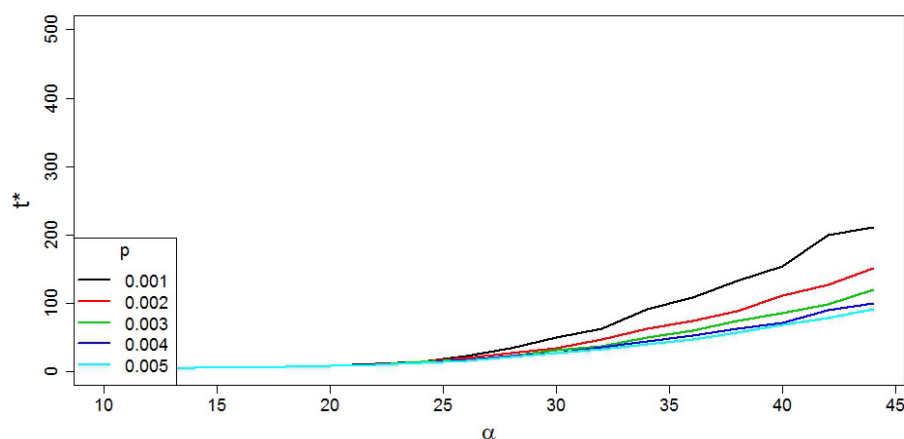


Figura 2.7. Influencia de las TICs sobre la velocidad de difusión

Aunando ambos resultados podemos afirmar que un mayor uso de las TICs –por parte de la sociedad– acelera la difusión de las innovaciones, aunque es prácticamente indiferente respecto al mercado alcanzado. Cuando las empresas innovadoras son

eficientes y lanzan sus productos con éxito, dinamizan y fortalecen el tejido empresarial del país. Para ayudarlas en esta tarea, las instituciones pueden fomentar –en la medida de lo posible– el uso de las TICs, por ejemplo creando las infraestructuras necesarias.

2.5.3. El impacto de la estrategia de lanzamiento

Lanzar un producto al mercado conlleva un alto riesgo, sobre todo si se trata de una innovación. Para ello, las empresas suelen realizar un estudio de mercado que permita reducir la incertidumbre inherente. Éste suele contemplar una serie de estrategias que, dependiendo de los determinantes del marketing, serán aconsejables para aumentar la probabilidad de éxito.

En esta sección analizaremos distintas estrategias que puede llevar a cabo la empresa para difundir su innovación. Al igual que antes, estamos interesados en determinar bajo qué circunstancias –hasta ahora desconocidas–, la estrategia de lanzamiento seguida por la empresa influye sobre el éxito de la difusión, esto es, el nivel de saturación alcanzado y la velocidad de difusión.

Todas las imágenes de este sub-apartado han sido generadas para $m = 0.5$ y las cuatro estrategias $s = \{0, 1, 2, 3\}$.

Un uso más intensivo de las TICs – α menor– conlleva a que la estrategia s adoptada tenga menor importancia (véanse las figuras 2.9 y 2.8 respectivamente), reduciendo la incertidumbre asociada a la toma de decisiones, que erróneamente ha podido llevar a elegir una estrategia sub-óptima. Esto también implica que la campaña de lanzamiento requiere menos recursos para implementar la estrategia cuanto más intensivo sea el uso de las TICs, pues es necesaria menos información en la toma de decisiones y la estrategia más económica puede ser elegida con iguales resultados.

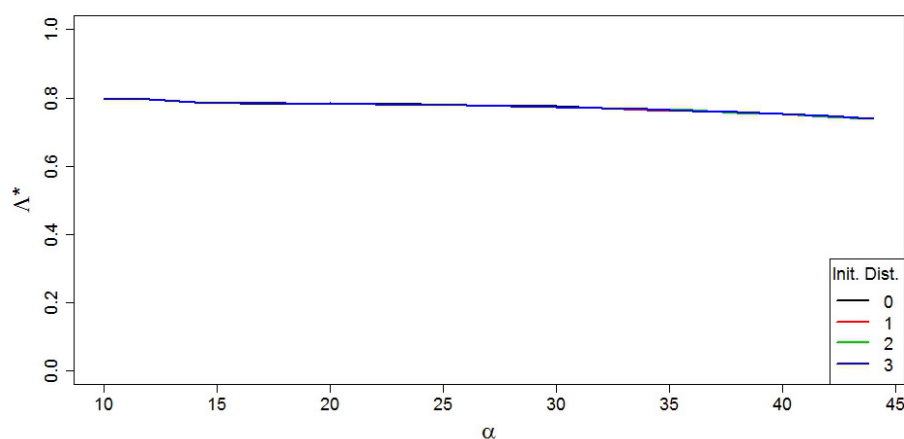


Figura 2.8. Saturación del mercado en función de α para distintas estrategias de lanzamiento s y una madurez del mercado $m = 0.5$

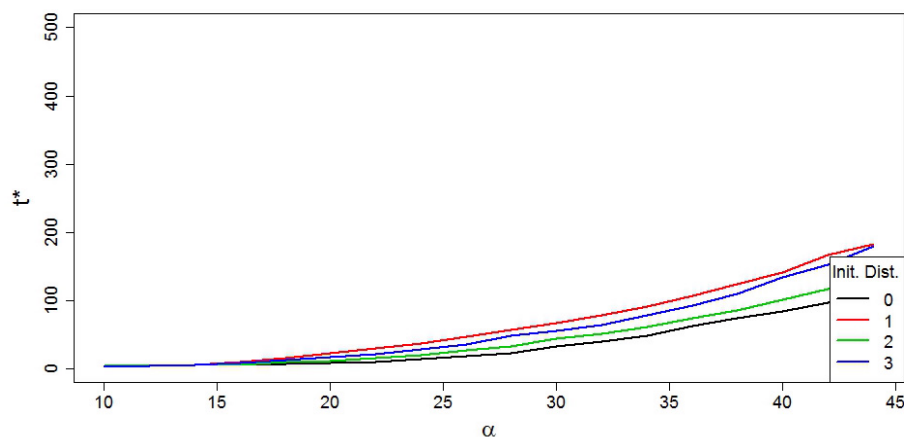


Figura 2.9. Velocidad de difusión en función de α para distintas estrategias de lanzamiento s y una madurez del mercado $m = 0.5$

La estrategia usada también se vuelve irrelevante al aumentar p –respecto a la velocidad de difusión, así como a la saturación alcanzada–, aunque esto sucede de manera abrupta a diferencia de lo que ocurría con α (véanse las figuras 2.11 y 2.10). Atendiendo al rango de p detectado empíricamente, lo normal es que una sociedad moderna –que use las TICs, aunque sea mínimamente– se encuentre en la parte derecha de las gráficas –con valores altos de p –, de manera que la estrategia adoptada tiene hoy en día cada vez menor peso, lo que, desde un punto de vista empresarial, tiene implicaciones económicas muy positivas.

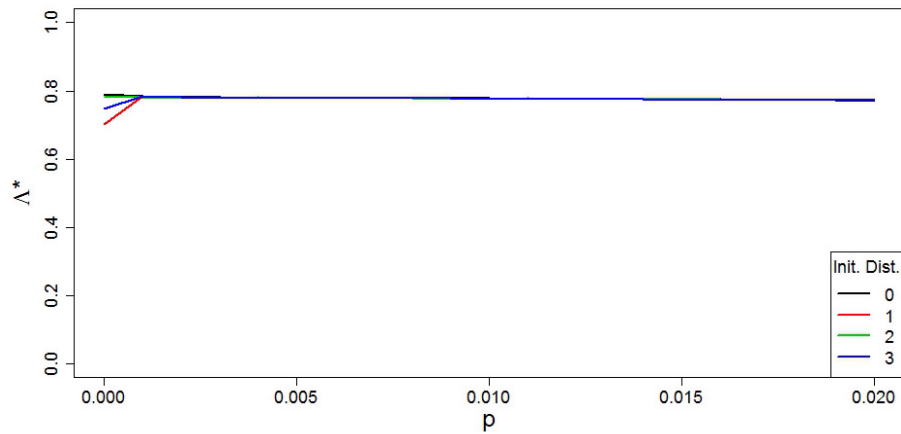


Figura 2.10. Saturación del mercado en función de p para distintas estrategias de lanzamiento s y una madurez del mercado $m = 0.5$

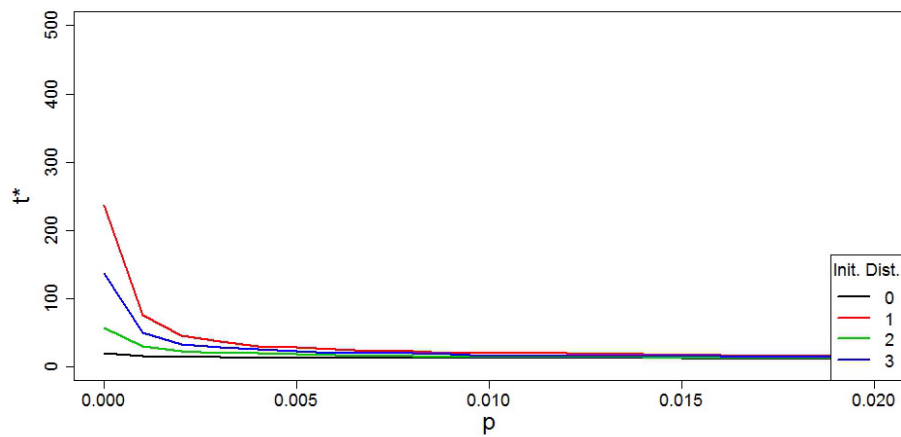


Figura 2.11. Velocidad de difusión en función de p para distintas estrategias de lanzamiento s y una madurez del mercado $m = 0.5$

Aunando ambos resultados y teniendo en cuenta que un uso más intensivo de las TICs implica un menor α y un mayor p , podemos afirmar que un mayor uso de las TICs reduce el riesgo asociado a elegir una estrategia sub-óptima, ya sea medido en términos de velocidad de difusión de innovaciones o del mercado alcanzado (saturación). Desde un punto de vista práctico, esto significa que si la empresa sabe que su público objetivo usa intensivamente las TICs, tendrá menos necesidad de invertir recursos en la campaña de lanzamiento, puesto que puede reducir la información en la toma de decisiones y elegir una estrategia más económica, sacrificando menos eficacia.

El parámetro a –posicionalidad del bien– ejerce una gran influencia sobre la difusión de innovaciones, tanto en la velocidad como en la saturación (aunque limitada a los valores cercanos a 0). La figura 2.13 muestra una asíntota en el 0 que la empresa debe evitar a toda costa, pues conforme nos acercamos a ella, la velocidad de difusión y el nivel máximo de adopción alcanzado caen drásticamente (figura 2.12), llegando a fracasar completamente la campaña de lanzamiento para valores muy bajos.

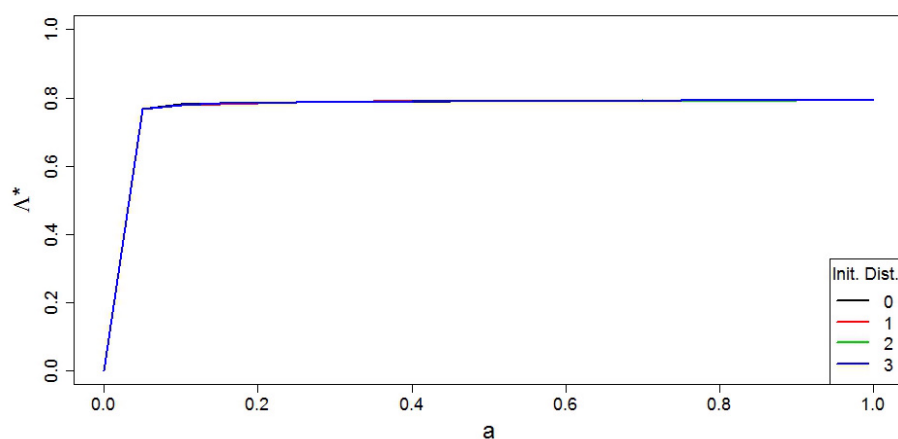


Figura 2.12. Saturación del mercado en función de a para distintas estrategias de lanzamiento s y una madurez del mercado $m = 0.5$

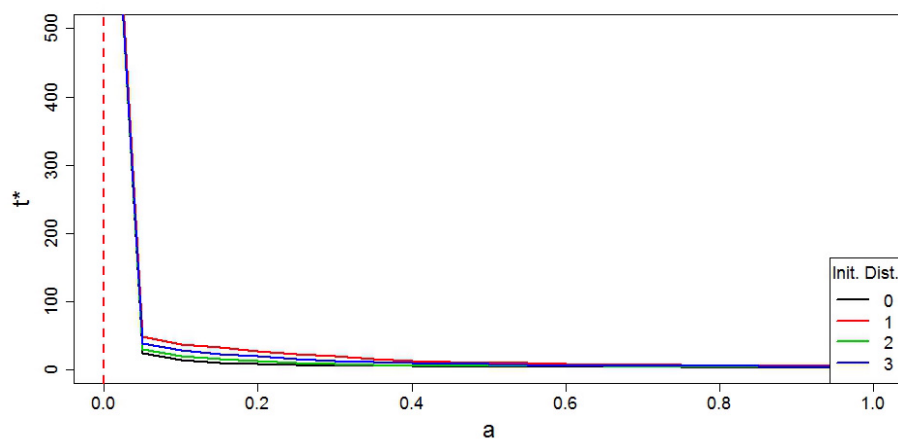


Figura 2.13. Velocidad de difusión en función de a para distintas estrategias de lanzamiento s y una madurez del mercado $m = 0.5$

El lector recordará que esto se puede evitar reforzando la imagen de marca, haciendo el bien más posicional, y por tanto, más susceptible de ser adoptado cuando

los individuos se emulan entre sí. La empresa debe intentar aumentar a toda costa la diferencia entre la imagen de su marca y la de las demás siempre y cuando la diferencia sea pequeña, porque una vez salvada la asíntota vertical, el efecto de la imagen de marca no reviste ninguna importancia ni en la velocidad ni en la saturación (véanse nuevamente las figuras 2.13 y 2.12). La estrategia empleada es irrelevante, pudiéndose adoptar la más económica, salvo cuando el parámetro a es relativamente pequeño, en cuyo caso la estrategia influye algo en la velocidad de difusión.

El parámetro b , que no es controlable por ningún agente –ni por parte de la empresa ni de las instituciones– tiene un comportamiento –con diferente escala– que guarda cierta simetría con el de a respecto al eje de ordenadas en la velocidad de difusión (véase la figura 2.15), es decir, menor velocidad cuanto mayor sea. Esto se debe a que hay cierto efecto compensatorio entre ambos parámetros, de manera que para cualquier a , *ceteris paribus*, existe algún b que permite obtener un resultado similar (en velocidad y saturación). En este caso, dado que no tenemos control sobre este parámetro, debemos evitar mercados que se muevan en valores cercanos a 1, pues se encuentra una asíntota vertical con idénticos resultados a la de a respecto a la velocidad de difusión.

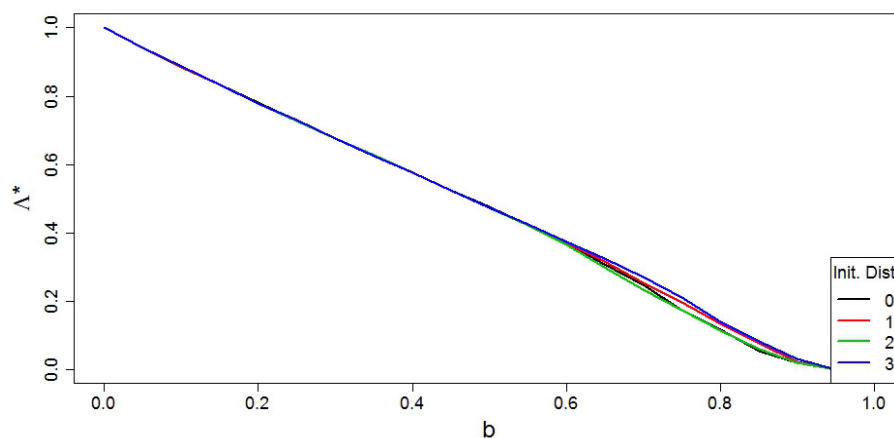


Figura 2.14. Saturación del mercado en función de b para distintas estrategias de lanzamiento s y una madurez del mercado $m = 0.5$

Respecto a la tasa de adopción alcanzada, es menor cuanto mayor sea (linealmente). No existe ningún valor de b , en el que la estrategia no influya en la velocidad de difusión. Las estrategias dejan de tener efecto en la saturación para $b \leq 0.6$ (figura

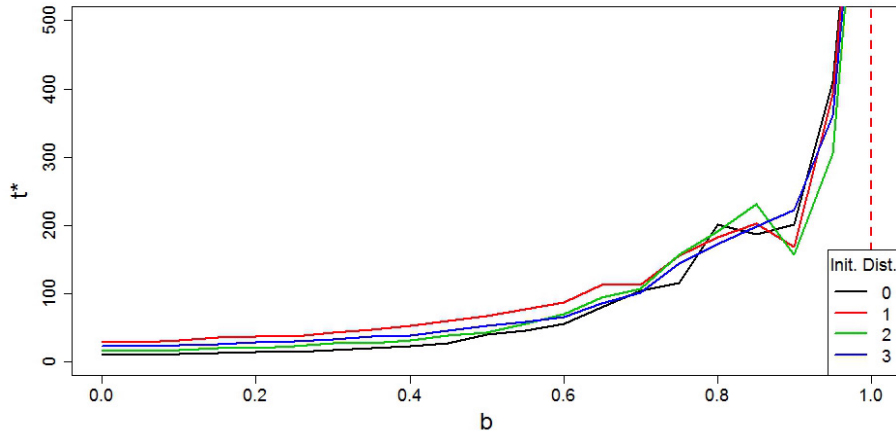


Figura 2.15. Velocidad de difusión en función de b para distintas estrategias de lanzamiento s y una madurez del mercado $m = 0.5$

2.14). En realidad, manteniendo el parámetro $b \leq 0.6$ eludimos ambos problemas, la asíntota en la velocidad y el efecto de las estrategias sobre la saturación, por lo que encontrarse con un mercado con tales características sería ideal. Aunque este parámetro no sea controlable, ya se comentó que se puede obtener un resultado similar aumentando a que bajando b , haciéndolo controlable indirectamente por medio de a que depende —hasta cierto punto— de decisiones empresariales. Este control indirecto es altamente recomendable para atacar un mercado con un alto b .

El comportamiento de c es muy parecido al de a (véanse las figuras 2.17 y 2.16). Lógicamente, si la intensidad de la campaña inicial es insuficiente, el proceso no arrancará o será extremadamente lento y de poco éxito en cuanto a la saturación se refiere. Hay que evitar a toda costa la asíntota vertical en 0, pero sin invertir tampoco demasiados recursos, puesto que a partir de cierta cantidad, el efecto es mínimo y yendo más allá no tiene efecto sobre la estrategia (véase nuevamente 2.17 para apreciar las propiedades descritas). Lo mismo sucede con la saturación, lo importante es evitar valores cercanos a 0, puesto que a partir de entonces el parámetro deja de influir y todo recurso extra destinado a tal fin será fuente de ineficiencia en la gestión (véase a 2.16).

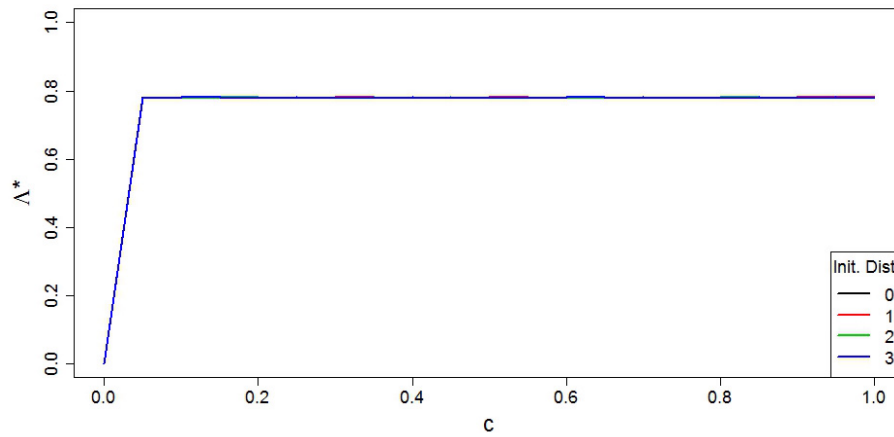


Figura 2.16. Saturación del mercado en función de c para distintas estrategias de lanzamiento s y una madurez del mercado $m = 0.5$

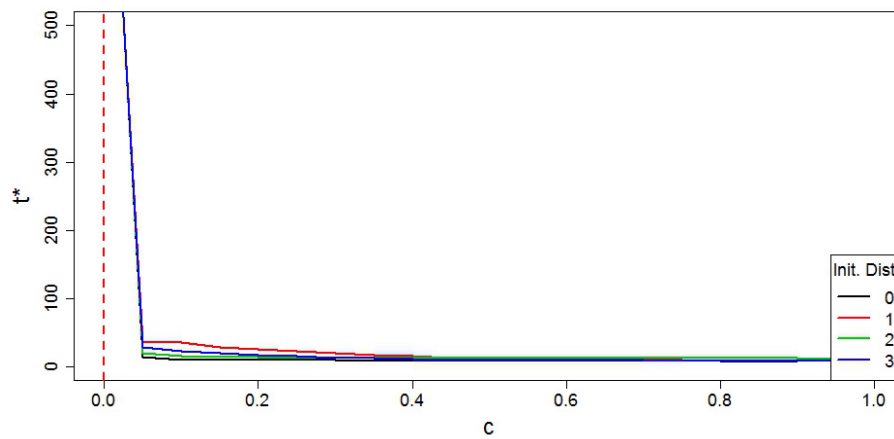


Figura 2.17. Velocidad de difusión en función de c para distintas estrategias de lanzamiento s y una madurez del mercado $m = 0.5$

2.5.4. El momento de entrada al mercado

Determinaremos el efecto que tienen las TICs sobre la importancia de elegir bien el momento de entrada al mercado. Para ello, nos centraremos en analizar el efecto de α para distintos momentos de entrada. Al escenario con $m = 0.5$, vamos a añadir un escenario menos maduro $m = 0.25$ y otro más maduro $m = 0.75$.

El impacto de la estrategia usada en la velocidad de difusión es mayor cuanto mayor sea la madurez del mercado (véanse las figuras 2.19, 2.9 y 2.21), aunque

prácticamente nulo sobre la saturación del mercado (véanse las figuras 2.18, 2.8 y 2.20). De esta manera, cuanto mayor sea el uso de las TICs –menor α – y menor sea la madurez del mercado –menor m – al lanzar la innovación, menor será el riesgo de elegir la estrategia equivocada. Este menor riesgo implica poder elegir la estrategia más económica y necesitar menos información en la toma de decisiones, lo que redunda en un menor coste de la campaña de lanzamiento.

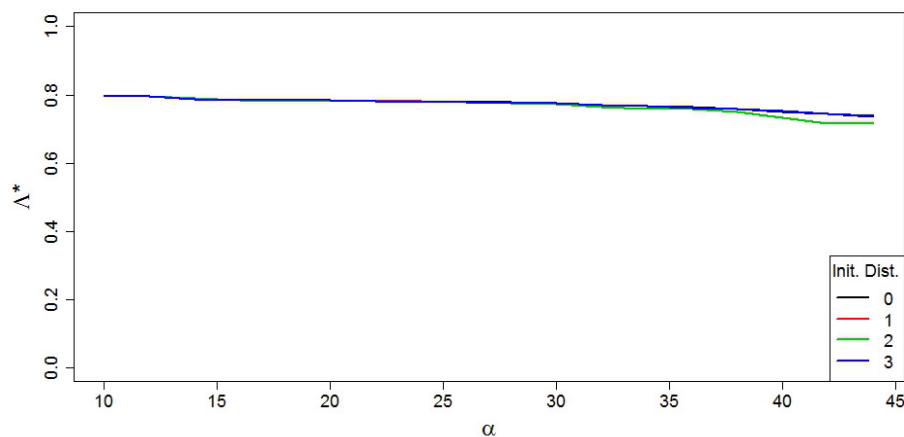


Figura 2.18. Saturación del mercado en función de α para distintas estrategias de lanzamiento s y una madurez del mercado $m = 0.25$

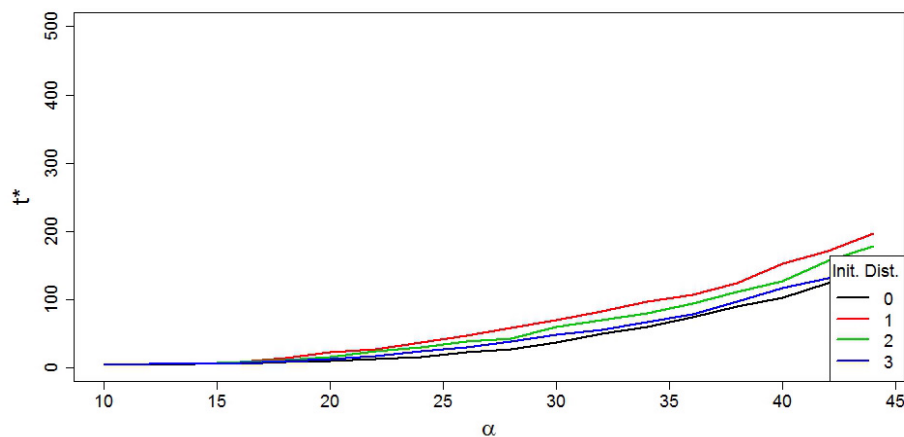


Figura 2.19. Velocidad de difusión en función de α para distintas estrategias de lanzamiento s y una madurez del mercado $m = 0.25$

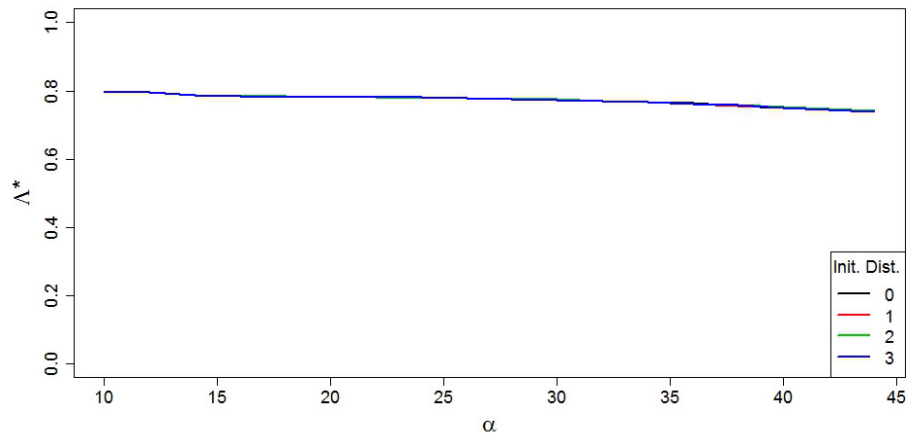


Figura 2.20. Saturación del mercado en función de α para distintas estrategias de lanzamiento s y una madurez del mercado $m = 0.75$

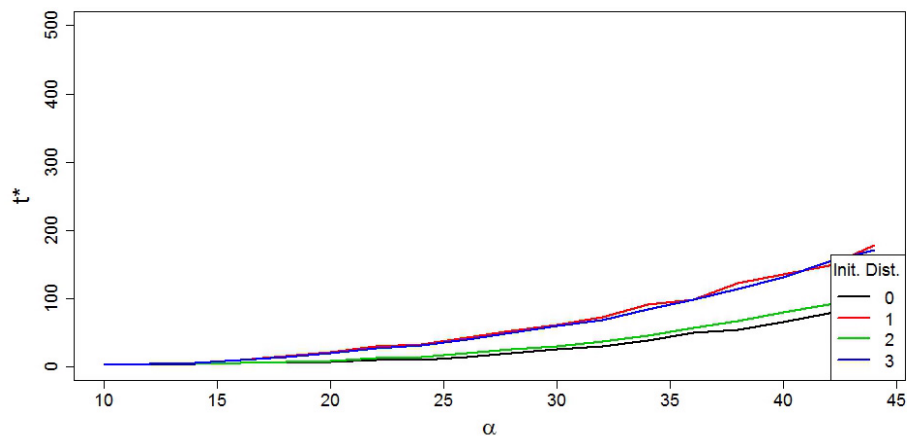


Figura 2.21. Velocidad de difusión en función de α para distintas estrategias de lanzamiento s y una madurez del mercado $m = 0.75$

2.6. Conclusiones

La innovación está estrechamente relacionada con aspectos económicos tan importantes como la tasa de desempleo o el crecimiento económico, lo que la convierte en el motor de la economía, un rol clave en el sistema económico. Ésta puede ser vista como un proceso de “destrucción creativa” que genera nuevos sectores de actividad intensivos en empleo –innovación de producto– a la vez que optimiza los existentes haciéndolos más productivos –innovación de proceso– lo que redundará en

la evolución del sistema económico.

No obstante, la irreversibilidad de sus dinámicas y otros aspectos la hacen difícil de estudiar siguiendo el enfoque tradicional. Una orientación evolutiva y constructivista –como la seguida por la Economía Evolutiva– se hace necesaria para su estudio. La difusión de innovaciones se presenta como un área –de creciente peso en los últimos años– que tiene como objetivo determinar las dinámicas subyacentes a las innovaciones ayudando al entendimiento de este fenómeno económico.

El estudio tiene por objetivo profundizar en los factores que influyen sobre la difusión de innovaciones –con especial énfasis en los relacionados con las TICs– a fin de obtener unas líneas generales que sirvan como ayuda a empresas e instituciones en la toma de decisiones para difundir una innovación. En concreto, se trata de determinar cómo el uso de las TICs puede afectar al diseño de la política de marketing de lanzamiento –momento, intensidad y selección de los primeros adoptantes– e influir en la difusión de las innovaciones –saturación y/o velocidad. El uso de las TICs es un factor que va cobrando mayor peso en un mundo cada vez más interconectado y global, pero que ha sido un factor poco estudiado debido a su incipiente desarrollo.

En este estudio proponemos un modelo computacional de difusión de innovaciones que dota a los individuos de una racionalidad social basada en mecanismos de emulación para tomar decisiones de consumo. El modelo propuesto es capaz de generar la dinámica social subyacente a los procesos de consumo –y en particular a la difusión de innovaciones– a través de comunidades de consumidores potenciales que se crean endógenamente a partir –esencialmente– de mecanismos de emulación.

Una de las propiedades más conocidas que se observa en los mercados reales, es el patrón en forma de S en la tasa de adopción. Éste desempeña un rol crucial en la teoría del ciclo de vida del producto y es replicado por el modelo, otorgando plausibilidad a la dinámica propuesta (validación teórica de la dinámica). Sin embargo, el estudio no sólo supone un paso adelante en la formalización teórica que atañe a la difusión de innovaciones, sino que también tiene un marcado carácter aplicado.

Para ello, se emplea una encuesta social a 1850 individuos para hacer una validación empírica de los parámetros del modelo que determina que el uso de las TICs influye positivamente en dos factores del modelo –el nivel de interconexión de los individuos y cómo de global es el acceso a la información–, y por ende, pueden ser controlables por las instituciones públicas.

Tras un gran número de simulaciones, se llega a la conclusión de que potenciar el uso de las TICs aumenta la velocidad de difusión de innovaciones, aunque es indiferente respecto a la tasa de mercado alcanzada –saturación de mercado– a la par que reduce el riesgo al elegir una política de marketing de difusión sub-óptima. Así, desde un punto de vista práctico, se puede adoptar la más económica sin perder eficacia y además con menos incertidumbre asociada.

El marco de las TICs debería incluirse entre los determinantes del marketing comúnmente estudiados, ya que al igual que los más clásicos, las TICs condicionan las estrategias de marketing que debe seguir la empresa. El lector debe advertir que el efecto de este determinante no es debido a que los consumidores empleen las TICs para informarse mejor de los productos ofertados, de hecho este mecanismo ni siquiera es considerado, sino debido a que su uso por los individuos –sea con fines comerciales o no– transforma la estructura de interacción social, sus comunidades, condicionando las decisiones cotidianas de los individuos, y en particular, las de consumo.

Otros factores más clásicos han sido abordados por el estudio, dando lugar a algunas pautas prácticas de interés para optimizar los recursos destinados a maximizar la difusión de innovaciones. Cuando el diferencial entre la imagen de marca y de sus sustitutivos no es demasiado pequeño, éste no ejerce gran influencia sobre la difusión de innovaciones –velocidad y saturación– ni sobre el riesgo de elegir una estrategia sub-óptima. Sin embargo, cuando es reducido, ambas –velocidad y saturación– caen drásticamente a la par que se incrementa la incertidumbre en la toma de decisiones estratégica, lo que puede poner en peligro a toda la campaña de lanzamiento. Para evitarlo, la empresa debe diferenciarse aumentando la posicionalidad de su bien, pero no debe invertir ninguna cuantía extra destinada a aumentar su imagen de marca si supera suficientemente la de sus competidores. En caso de que la idiosincrasia particular de la demanda o el producto lleve a una tasa de abandono muy elevada, la empresa no podrá emprender ninguna acción directa para corregirlo, pero lo podrá compensar incrementando adicionalmente su imagen de marca en relación al de sus sustitutivos.

Comentarios similares se pueden hacer respecto a la intensidad de la campaña de lanzamiento que la empresa decida llevar a cabo, medida en términos de la proporción de adoptantes tempranos que se espera alcanzar para iniciar la difusión de la innovación. Esto se puede hacer regalando el producto a ciertos individuos, dándoles

muestras –cuando sea posible–, promocionándolo con productos complementarios, otorgando descuentos, etc. Lógicamente, si la intensidad es insuficiente, el proceso no se iniciará o será extremadamente lento y de poco éxito en cuanto a la saturación se refiere. Hay que evitar a toda costa campañas poco intensas, pero sin invertir tampoco demasiados recursos, puesto que a partir de cierta cantidad no tiene efecto sobre la difusión –saturación ni velocidad– ni sobre la política llevada a cabo, de manera que a partir de entonces todo recurso extra destinado a tal fin será fuente de ineficiencia en la gestión.

También determinamos el efecto que tienen las TICs sobre la importancia de elegir bien el momento de entrada al mercado. La política de marketing elegida tiene mayor impacto en la velocidad de difusión cuanto mayor sea la madurez del mercado, aunque prácticamente nulo sobre la saturación del mercado. Por tanto, cuanto más maduro sea, mayor es el riesgo asociado a implementar una política sub-óptima, y por consiguiente, mayores son los costes asociados.

La innovación de producto –esto es, el lanzamiento al mercado de un nuevo producto–, está caracterizada por la falta de datos históricos. Esto lo hace especialmente arriesgado, de manera que, una política de marketing eficiente puede suponer la diferencia entre el éxito o el fracaso. En su diseño, la empresa debe tomar numerosas decisiones, para las cuales, las directrices sugeridas por el estudio pueden marcar la diferencia. Sin embargo, no existe ninguna política que sea eficiente en términos absolutos, sino que dependerá de ciertas circunstancias. El estudio revela que un mayor uso –comercial o no– de las TICs por parte de los individuos, transforma la estructura de interacción social, mejorando la eficiencia de las políticas adoptadas por las empresas. Esto convierte al marco de las TICs en un importante determinante de las políticas de marketing empresarial. Éste está en manos de las instituciones, las cuales –mediante sus políticas de fomento de las TICs–, pueden aumentar el éxito y la eficiencia de las empresas. Esto redundará en una mayor fortaleza y dinamismo del tejido empresarial. En este sentido, las decisiones institucionales son esenciales, por lo que no deben ser obviadas en el estudio de las innovaciones.

2.7. Apéndice: pseudo-código de alto nivel del modelo de difusión

1. Crear un grafo en el espacio de características con un conjunto fijo de N nodos X_i , inicialmente sin aristas. La posición x_i inicial de cada nodo X_i se calcula aleatoriamente a partir de una distribución uniforme sobre el espacio de características $S = [0, 1]^n$. Con $A_i = 0 \forall X_i \in X$.
2. Por cada periodo t :
 - 2.1. Se ordena aleatoriamente una lista con todos las posibles aristas no dirigidas ($\frac{N \cdot (N-1)}{2}$ en total) y entonces se evalúan.
 - 2.2. Por cada posible arista e_{ij} :
 - 2.2.1. Se elimina la arista e_{ij} del grafo si existe.
 - 2.2.2. Con probabilidad $P_{ij}(t) = P_{ji}(t) = \left(1 - \frac{d_{ij}(t)}{d_m}\right)^\alpha$ los agentes X_i y X_j interactúan (siendo $d_{ij}(t) = \|x_i(t) - x_j(t)\|$ y $d_m = \|\bar{1} - \bar{0}\|$):
 - 2.2.2.1. Se aproximan mutuamente. El agente X_i actualiza su posición $x_i(t+1) = x_i(t) + m_{ij}(t) \cdot [x_j(t) - x_i(t)]$ con $m_{ij}(t) = (V_{j/i}(t))^\beta \cdot d_{ij}(t)$, siendo $V_{j/i}(t) = \frac{V_j(t)}{V_i(t) + V_j(t)}$ y $V_j(t) = \frac{\#e_{.j}(t)}{\#e_{..}(t)}$. El mismo procedimiento con el agente X_j .
 - 2.2.2.2. La arista e_{ij} se agrega al grafo.
 - 2.2.2.3. Si $A_j(t) = 1$, con probabilidad a : $A_i(t+1) = 1$; en caso contrario $A_i(t+1) = A_i(t)$. El mismo procedimiento es empleado con el agente X_j .
 - 2.3. Se ordena aleatoriamente la lista de nodos X .
 - 2.4. Con probabilidad p , cada agente X_i actualiza su posición x_i aleatoriamente a partir de una distribución uniforme.
 - 2.5. Se ordena aleatoriamente la lista de nodos X (2.4 y 2.6 son independientes).
 - 2.6. Con probabilidad b , cada agente X_i establece $A_i = 0$.
 - 2.7. Aquellos agente X_i con $A_i = 1$, transforman su intención de compra en una adquisición.

2.8. Siendo $M(t)$ la proporción de la población que está agrupada en comunidades representativas ($> 0.05N$), la tendencia de $M(t)$ es creciente.

Cuando $M(t) \geq m$:

2.8.1. Se lanza el producto al mercado. Esto consiste en convertir a parte de la población en adoptantes del producto ($A_i = 1$). Los adoptantes tempranos son seleccionados de una u otra forma dependiendo de la estrategia de lanzamiento s seguida por la empresa.

Capítulo 3

Un modelo de mercado con demanda endógena

3.1. Introducción

Todos los individuos nos enfrentamos a diario ante situaciones en las que tenemos que tomar decisiones. Éstas son percibidas como importantes o irrelevantes, aunque en muchas ocasiones son inconscientes, con lo cual pasan completamente desapercibidas. Las decisiones cotidianas, como puede ser ir al cine, dependen del individuo –su presupuesto, sus gustos, su personalidad o su tiempo libre–, pero también de su entorno social –la opinión de los demás. Es decir, las decisiones dependen tanto de factores personales –propios del individuo– como sociales.

Ninguno de estos factores es estático. Una vez tomada la decisión, la realidad cambia. El individuo adquiere una nueva experiencia a la vez que renuncia a otras alternativas. Algunas consecuencias son obvias e inmediatas. Así, tras ver la película, el individuo ya la conoce, tiene una opinión sobre ella, lo que influirá inevitablemente en su decisión de volver a verla. Sin embargo, otras son menos obvias y de mayor calado, como sucede cuando las decisiones cambian al propio individuo. Así, las ideas que se desprenden de la película vista, pueden motivar cambios en sus opiniones, gustos y deseos, condicionando las decisiones futuras de una forma más sutil y profunda. Sea cual sea el motivo, es evidente que, en general, las decisiones dependen de las tomadas en el pasado, es decir, son *path-dependent*.

Sin embargo, al igual que el individuo es influido por su entorno social, él también influye sobre éste cuando toma decisiones. El individuo puede proponer ver otra película si ya la ha visto, haciendo que los demás consideren otras alternativas, influyendo así sobre las decisiones de los demás. Esto es debido a que las decisiones de los individuos son interdependientes. En la sociedad tiene lugar una intrincada co-evolución de individuos que deciden interdependientemente, influenciados por las decisiones pasadas, las presentes y las expectativas futuras. Por ello, la influencia social es vital para entender nuestras decisiones, tanto a nivel individual como colectivo.

La emulación es uno de los mecanismos más simples y comunes de influencia social. Los individuos recurren a ella cuando se tienen que enfrentar a entornos de alta incertidumbre. Con bajo coste computacional y poca información, éstos pueden tomar heurísticamente decisiones razonablemente acertadas. Como consecuencia, está presente en numerosos procesos sociales, como la especulación financiera (Sornette et al. (2009); Shiller (2000); Shiller (2002)), la histeria y violencia colectiva (Kumar (2007)), la difusión de innovaciones e ideas (Kenrick et al. (2002)), el voto político (Battaglini (2005)), las preferencias de consumo (Salganik et al. (2006); Chen (2008)), los estilos de vida (Christakis y Fowler (2007)), la emergencia y evolución de los idiomas (Cucker et al. (2004)) o los atascos de tráfico (Dyer et al. (2008)).

En las decisiones de consumo hay un tipo de bien que se ve afectado especialmente por la emulación. Nos referimos a los bienes de consumo discrecional, que son aquellos que, sin ser estrictamente necesarios para la vida, su valoración no proviene tanto del bienestar material aportado, sino de su dimensión social, ya sea en forma de reputación social, distinción, popularidad, estilo, originalidad, prestigio o una cierta imagen de sí mismo (Veblen (1899); Lancaster (1966); Stigler y Becker (1977); Baudrillard (1981); Becker (1996); Witt (2001)). Debido a que la valoración de estos bienes depende del contexto social del individuo –de cómo interactúan los individuos con su entorno–, la emulación social tiene un gran impacto en su consumo. Ésta actúa continuamente, en cada interacción social, y silenciosamente condiciona nuestras preferencias, nuestros anhelos y nuestra forma de ver el mundo. En este sentido, la emulación es uno de los más poderosos mecanismos de influencia social.

Algunos ejemplos de consumo discrecional al uso son: elegir el vecindario, la compra de bienes posicionales (Leiss (1983)), el entretenimiento, las aficiones, la

pertenencia a clubs, las compras, el turismo o el lugar de vacaciones (Cowan et al. (1997); Corneo y Jeanne (1999)). La dimensión social de los bienes, lejos de ser una anécdota, cada vez cobra mayor peso en los mercados. De hecho, hoy en día, las grandes empresas no venden productos, sino experiencias. La inversión en imagen de marca que realizan la gran mayoría de las grandes empresas hoy en día consiste, visto desde esta perspectiva, en aumentar la dimensión social del producto, introduciendo un conjunto de características socialmente interpretadas, cuyas connotaciones sociales –prestigio, distinción o estilo– otorgan un valor añadido a las características técnicas del producto. De esta manera, el producto con esta dimensión es más valorado y diferenciado del de la competencia. Así pues, podemos considerar que, hoy en día, todos los bienes son, en mayor o menor medida, de consumo discrecional.

3.1.1. Limitaciones y desafíos

El análisis convencional de las decisiones de consumo y su dinámica intertemporal suponen que estas decisiones dependen de tres factores: las preferencias intertemporales de los agentes, el flujo esperado de rentas, el tipo de interés y, en ocasiones, de otros precios (véase, por ejemplo, Deaton (1992)). Este enfoque presupone, en ocasiones de manera tácita, la hiper-racionalidad –racionalidad plena– de los agentes, la inmutabilidad de las preferencias o la no existencia de incertidumbre radical respecto a las restricciones presupuestarias (Aversi et al. (1999); Loasby (2001); Metcalfe (2001)). Estos y otros aspectos abonan el terreno para la crítica de la teoría neoclásica de consumo (véase un resumen en Witt (2005)).

Tres características habitualmente asumidas son especialmente criticadas. La primera es la ya comentada hiper-racionalidad de los agentes, la cual es necesaria para que puedan tener un comportamiento optimizador. La segunda es la homogeneidad del producto, que es necesaria para poder simplificar la elección a una única dimensión, el precio. Y la tercera es la existencia de un agente representativo, que es principalmente introducida para poder agregar el comportamiento de multitud de agentes. A continuación detallaremos los motivos de tales críticas.

Los enfoques convencionales suelen considerar que los agentes –consumidores y productores– son hiper-racionales. En el caso de los consumidores, implica que sean capaces de hacer ordenaciones completas, perfectamente consistentes e inmutables sobre las alternativas, y que además, estén perfectamente informados, aunque sea

en un sentido probabilístico, sobre rentas, precios y opciones futuras de consumo. Esta aproximación es una abundante fuente de críticas (Nelson y Winter (1982)).

Resulta que ambos agentes viven en entornos radicalmente inciertos, por lo que desconocen con exactitud diversos datos (Nelson y Consoli (2010)). En el caso de los consumidores, no conocen a la perfección las alternativas existentes, ni son capaces de establecer ordenaciones completas, perfectamente consistentes e inmutables sobre el grado de satisfacción que les proporciona cada alternativa. Las preferencias están condicionadas por factores implícitos, como las percepciones, las creencias y la experiencia de consumo, que implica que sean *path-dependent* y potencialmente inestables. Estos factores están fuertemente influenciados por las fuerzas sociales, lo que hace que las decisiones de los consumidores sean además interdependientes. Esto entra en contradicción con otra de las hipótesis generalmente asumidas por los modelos convencionales, los cuales no suelen considerar la existencia de influencias sociales en aras de garantizar la independencia en las decisiones de consumo.

En el caso de los productores, parece razonable considerar que no conocen con exactitud su propia función de producción –con las propiedades habituales sobre las que optimizar–, y mucho menos, la evolución de la demanda y de sus competidores, por lo que es natural asumir que su racionalidad también es limitada. Teniendo en cuenta lo anterior, parece apropiado seguir un enfoque de racionalidad limitada para ambos agentes.

Aunque se han realizado importantes avances en este sentido, la hipótesis de homogeneidad del producto suele ser la dominante en el enfoque convencional (como en Rixen y Weigand (2013)). Esto es debido a que es requerida para obtener la clásica curva de la demanda respecto del precio (Valente (2003)). Desde luego, aporta facilidad instrumental, pero a un precio. En primer lugar, la decisión de compra sólo puede estar basada en la diferencia de precios, no en sus características. En segundo lugar, es necesaria la heterogeneidad de productos para modelar las innovaciones (Malerba et al. (2007)), que afectan de manera clara a las decisiones de consumo. Las innovaciones son también indispensables para entender qué motiva la entrada/salida de productores y, por ende, desempeñan un rol crucial en algunas de las propiedades más relevantes del mercado, como la estructura industrial.

En relación a las innovaciones, consideramos de gran utilidad el enfoque de Lancaster (1966), en el que los productos son representados por sus características,

de manera que la decisión ya no se limita a qué cesta de productos comprar, sino a qué conjunto de características. Así, introducir un nuevo producto se reduce a la posibilidad de elegir una combinación de características a un precio dado. Esta forma de tratar la heterogeneidad del producto es especialmente útil para estudiar ciertas propiedades del mercado.

Los enfoques convencionales también suelen considerar que los agentes son homogéneos, en el sentido de que hay uno representativo, lo que les permite agregar fácilmente sus comportamientos. Si bien, aporta ventajas instrumentales, dificulta o incluso imposibilita el estudio de aspectos tan importantes como las innovaciones, las dinámicas de consumo o los patrones de co-evolución entre la oferta y la demanda. Para estudiar las innovaciones, no sólo es requisito la heterogeneidad de los productos, sino también de las preferencias y de los agentes (Malerba et al. (2007)). Para superar estas limitaciones, no debemos considerar agentes representativos, sino heterogéneos.

3.1.2. La evidencia empírica

A lo largo de los últimos años, estudios provenientes de disciplinas como la Psicología, la Sociología, la Economía Experimental o el Marketing han revelado numerosas evidencias empíricas –principalmente– sobre el comportamiento del consumidor (ver, por ejemplo, Bianchi (1998); Witt (2001)). A veces chocan frontalmente con las tradicionalmente asumidas, otras simplemente son ignoradas por la teoría del consumidor convencional. Algunas ya han sido comentadas en la sección dedicada a repasar cuáles son las limitaciones más habituales al analizar las decisiones de consumo, mientras que otras guardan una estrecha relación con aquellas limitaciones. Si bien la mayoría son referidas al comportamiento del consumidor, algunas también lo son al de los productores, puesto que las decisiones de consumo son el fruto de la interrelación entre oferta y demanda. Comentaremos brevemente las evidencias más destacadas.

Una de ellas es el origen social de los deseos de consumo (Veblen (1899); Duesenberry (1949); Aversi et al. (1999); Witt (2001)). Su evolución y transformación es auspiciada por mecanismos de influencia social, como la emulación (Smallwood y Conlisk (1979); Cowan et al. (1997)). Sin embargo, los consumidores no emulan tanto la compra de una determinada marca, sino patrones generales de consumo.

Por ejemplo, un consumidor que se encuentre influenciado por un entorno al que le gusta el vino tinto de alto precio y con una serie de características, emulará la compra de vino de la misma categoría, aunque no necesariamente de la misma marca. Sin embargo, la transformación no es sólo producida por mecanismos de origen social, también existen otros. Uno obedece al hecho de que los deseos pueden estar fuertemente influenciados por eventos aleatorios (Nelson y Consoli (2010)). Otro se refiere al hecho de que los individuos disfrutan al probar nuevas experiencias (Bianchi (1998)). Ambos pueden ser vistos como una innovación en el consumo, ya que, sea cual sea el motivo, el consumidor experimenta más allá de lo que dictamina su entorno social.

Otros resultados sugieren que son las características de los bienes, y no el consumo de bienes, las que satisfacen los deseos sociales (Lancaster (1966); Saviotti y Metcalfe (1984); Gallouj y Weinstein (1997); Valente (2012)). Debido a lo cual, parece adecuado que el producto no sea considerado como algo atómico, sino como una cesta de características. Esta estructura interna es particularmente útil en el caso de las innovaciones, que al fin y al cabo, son productos que se diferencian de los existentes en algún sentido (característica). Resulta interesante expresar los deseos de consumo en términos de las características del producto. Estos deseos son *path-dependent*, ya que son –en gran parte– el resultado de la experiencia (O’Driscoll y Rizzo (1985); Teubal (1979); Marengo y Willinger (1997); Loasby (1998); Swann (1999)).

Numerosos estudios sugieren –por diversos motivos– que la racionalidad de los individuos es limitada (Dosi et al. (1996); Valente (2012); Nelson y Consoli (2010)). Los agentes no saben todo lo que necesitan, sino que aprenden –ya sea individual o colectivamente– para adaptarse a su entorno, empleando para ello, reglas de optimización local. La emulación puede ser considerada como un mecanismo simple, y a veces subconsciente, de aprendizaje social. Se observa que el consumidor puede saber, *a grosso modo*, si una actividad de consumo es mejor o peor que otra en satisfacer cierto deseo (Nelson y Consoli (2010)). Debido a la racionalidad limitada de los individuos, éstos no son capaces de tener en cuenta en sus decisiones todas las posibilidades que les ofrece el mercado, de manera que sólo consideran aquellos productos que satisfacen sus deseos mínimamente. Sin embargo, una vez alcanzado cierto grado de satisfacción, el individuo no es capaz de discernir qué producto le proporciona más (Marschak (1950); Ellsberg (1961); Linchtenstein y Slovic (1971)).

A partir de entonces, la decisión de compra estará basada en la imagen de marca –visibilidad social–, la cual depende de la historia comercial del producto, esto es, del nivel de ventas obtenido durante su trayectoria comercial.

3.1.3. Objetivos del nuevo enfoque

Estas evidencias han sido tradicionalmente ignoradas por la complejidad analítica que introducen. En este estudio estamos especialmente interesados en identificar qué propiedades industriales se derivan de estas evidencias y de relajar algunas de las hipótesis tradicionalmente asumidas. Para ello, estudiaremos la dinámica de un modelo que siga estas evidencias en sus especificaciones.

La complejidad analítica nos obliga a recurrir a un enfoque computacional flexible que, como la metodología ABM, haga tratable el sistema. En particular, introduciremos un modelo computacional estocástico que caracterice a un mercado de consumo discrecional, cuyas especificaciones –incluyendo el comportamiento del consumidor– procedan de la evidencia empírica. De esta manera, se incluirán aspectos –habitualmente ignorados– como la influencia social, la cual desempeña un rol decisivo en este tipo de mercados. En este sentido, el modelo puede ser visto como la formalización de una teoría del consumidor vinculada con aspectos industriales, como la estructura industrial. Sin embargo, no debe ser entendida como una teoría alternativa o independiente, sino complementaria a las existentes. Ésta se encargará de matizar algunos de los aspectos que han podido quedar vedados a causa de las limitaciones anteriormente comentadas.

El objetivo de nuestro enfoque no sólo consiste en determinar las propiedades industriales que, a nivel teórico, se derivan de la evidencia empírica, sino también en identificar si algunas especificaciones del modelo pueden explicar algunas propiedades comúnmente observadas en las industrias. El origen de algunas de ellas es incierto y aún divide a la comunidad científica. Este estudio pretende arrojar algo de luz en dicho sentido. Uno de los objetivos, implícitos en la metodología, consiste en formalizar la dinámica subyacente a estos mercados. Entender formalmente el proceso, permite diagnosticar teóricamente propiedades desconocidas hasta la fecha, así como realizar experimentos virtuales con coste y riesgo reducido.

Es habitual atribuir las propiedades industriales a mecanismos o características

de la oferta. Algunos ejemplos son el ciclo de vida industrial, el patrón en forma de S en la tasa de adopción o la estructura industrial. En este estudio, estamos especialmente interesados en explicar éstas y otras propiedades desde el lado de la demanda. El énfasis en factores de demanda, especialmente los sociales, puede complementar los resultados de las teorías que –como suele marcar la tradición– estén centradas en la oferta y/o en factores no sociales.

Para evitar las limitaciones de las aproximaciones habituales –y seguir la evidencia empírica–, nos centramos en tres características claves, como son la heterogeneidad de agentes, la heterogeneidad del producto y la racionalidad limitada de los agentes. En particular, el modelo considera un mercado formado por dos tipos de agentes: los consumidores, cuyos deseos de consumo son heterogéneos, y los productores, cuyos productos son heterogéneos en sus características. Los deseos de consumo son expresados en términos de las características que tendría el hipotético producto demandado. De esta manera, representamos en un mismo espacio de características –ver más adelante– el producto demandado y el ofertado. Esta heterogeneidad, tanto en los consumidores como en los productores, es, sin duda, una de las características más relevantes e innovadoras de nuestro enfoque.

La racionalidad de ambos agentes es limitada. Consideramos que los consumidores no maximizan sus utilidades, sino que buscan novedades con la que satisfacer sus deseos provenientes de la interacción social, mientras que los productores no maximizan sus beneficios, sino que adaptan su oferta en busca de éstos. Así, como los deseos de los consumidores co-evolucionan endógenamente mediante aprendizaje social –emulación–, su comportamiento no es optimizador. Esta interdependencia en las decisiones de los consumidores por la influencia social, es otra de las diferencias con las aproximaciones habituales. Por su parte, el comportamiento de los productores tampoco es optimizador, sino heurístico. Éstos adaptan las características de sus productos a los deseos de la demanda. El número de productores no es fijo, sino que evoluciona endógenamente mediante decisiones de entrada/salida, las cuales están basadas en estimaciones. La entrada/salida de productores al/del mercado y su énfasis en la demanda como origen y transformación de la oferta, también son dos características distintivas de nuestro enfoque.

En resumen, las principales características diferenciadoras de nuestro modelo son: la racionalidad limitada de los agentes –consumidores y productores–, la no existencia de agentes representativos, la heterogeneidad del producto, la entrada/salida de

productores, la capacidad de los individuos para aprender/adaptarse a su entorno, la evolución de los deseos de consumo por influencia social y la creación/transformación de la oferta por parte de la demanda. El hecho de que sea un modelo *demand-driven* –donde la oferta es moldeada por la demanda– permite estudiar el papel que desempeñan los parámetros de demanda –usualmente ignorados en las aproximaciones habituales–, lo cual constituye uno de los objetivos principales del estudio.

Tales características tienen implicaciones en las hipótesis consideradas. Este marco más general, procedente de la relajación de algunas de las hipótesis tradicionalmente asumidas, puede ayudar a establecer nuevos condicionantes a los resultados obtenidos en las teorías convencionales, complementándolas y generalizándolas.

3.1.4. Esquema de trabajo

El trabajo puede dividirse en tres etapas. La primera consiste en comprobar si el modelo es plausible, esto es, si es consistente con lo que se observa en la realidad. En caso de serlo, el modelo debe reproducir las propiedades –patrones– empíricamente observadas en la literatura. Nos referimos a propiedades tan conocidas como, por ejemplo, la curva en forma de S en el nivel de adopción del producto, el ciclo de vida industrial o que el tamaño de las empresas siga una distribución sesgada a la derecha. Una buena validación teórica debe reproducir tales patrones sin haberlos tenido en cuenta –ni directa ni indirectamente– a la hora de diseñar el modelo. En esta fase, tácitamente se responde a la pregunta de si será posible reproducir las principales propiedades del mercado desde el lado de la demanda (puesto que es un modelo *demand-driven*). En tal caso, la demanda –tradicionalmente ignorada– destacaría su relevancia.

Los modelos que asumen hipótesis tales como la demanda exógena, la ausencia de interacción entre oferta/demanda o la homogeneidad del producto, pueden dejar fuera buena parte de la dinámica, corriendo el riesgo de ocultar patrones y fenómenos de interés. Conducir a resultados poco generales o aplicables sólo bajo ciertas circunstancias, también son otras de las posibles repercusiones. En la segunda fase, se intenta desvelar parte de la dinámica que ha podido permanecer oculta debido a tales limitaciones, dando un paso adelante en el conocimiento que tenemos sobre la dinámica subyacente a los mercados de consumo. Esta fase consiste en diagnosticar nuevos condicionantes de los patrones hallados, determinando así, si están siempre

presentes en los mercados, y por otra parte, descubrir algunos nuevos patrones que hasta ahora se encontraban vedados.

La última fase consiste en una validación empírica de la dinámica, lo que complementa la validación teórica hecha en la primera fase. Para ello, se deben encontrar empíricamente patrones que hayan sido diagnosticados teóricamente por el modelo, pero que no sean conocidos hasta la fecha (fase segunda).

3.1.5. Estructura del capítulo

La estructura del resto del capítulo está formada por ocho secciones y un apéndice. La primera empieza introduciendo los objetivos del modelo, su descripción y estructura. En la segunda, se detallan las variables agregadas que se emplearán para caracterizar el estado del sistema. La tercera sección se ocupa de reducir la dimensionalidad del modelo, descartando aquellos parámetros poco relevantes. En la cuarta, se estudia la dinámica del modelo, determinando el efecto que tiene cada factor, tanto en el estacionario –madurez industrial– como en el transitorio –desarrollo industrial. En la quinta, se estudian las estructuras industriales que emergen del sistema.

En la sexta, se lleva a cabo una validación empírica de la dinámica del sistema, buscando en la industria real algún patrón teóricamente diagnosticado y desconocido hasta la fecha. En la séptima sección, se describen las propiedades o patrones que emergen del sistema, estando formada por tres sub-secciones. La primera es una validación teórica de la dinámica del sistema, determinando si el modelo es capaz de reproducir algunos patrones que, según la evidencia empírica, estén presentes en las industrias reales y que no hayan sido considerados en la especificaciones del modelo. En la segunda sub-sección, se determinan nuevos condicionantes para dichos patrones. Unos reciben por primera vez una explicación, mientras que otros una nueva explicación alternativa. La tercera sub-sección se encarga de presentar los patrones diagnosticados teóricamente por el modelo y que son desconocidos hasta el momento, indicando además sus condicionantes.

En la octava sección, se presenta una síntesis de las principales aportaciones del capítulo, así como sus conclusiones generales e implicaciones desde un punto de vista socio-económico. Al final del capítulo se encuentra un apéndice en el que se detalla

el algoritmo del modelo, de gran ayuda para entender los detalles técnicos de éste.

3.2. Planteamiento del modelo

3.2.1. Visión global del modelo

Introducimos un modelo computacional estocástico capaz de caracterizar a un mercado de consumo discrecional compuesto por productos heterogéneos en sus características, que son adaptados continuamente para satisfacer deseos de consumo socialmente adquiridos y que, lejos de ser estáticos, co-evolucionan sin parar –esencialmente– por la interacción social entre consumidores.

Este modelo es aplicable a diversas industrias, incluyendo: la electrónica de consumo, el mercado vinícola, la alimentación de alta calidad, los productos con externalidades en red –sistemas operativos, videoconsolas, redes sociales online, etc.–, el ocio –destinos turísticos, restaurantes, ocio nocturno, etc.–, la ropa, los complementos o los perfumes. Los fundamentos del modelo –especificaciones a nivel de individuo– están basados en la evidencia empírica ya comentada en la sección correspondiente. Este estudio trata de responder fundamentalmente a una cuestión, ¿cuáles son las propiedades industriales que se derivan de estas especificaciones a nivel de individuo?

En este trabajo se consideran distintas variedades de un mismo bien de consumo discrecional –cada productor representado por una– que son definidas sobre un espacio multidimensional de características. Cada dimensión representa el grado en el que un producto satisface una determinada característica, ya sea técnica o de servicio, que se asumen continuas y medidas en sentido positivo en el intervalo $[0, 1]$. En adelante, emplearemos el término producto para referirnos a una variedad o productor particular.

Consideramos precios hedónicos¹ de mercado, lo que implica –en primer lugar– que el precio del producto no es expresado explícitamente en el modelo, sino como una función de sus características y –en segundo lugar– que todo los productos del espacio de características son igualmente competitivos, cada uno a su corres-

¹La política de determinación de precios depende de las características del producto.

pondiente precio de mercado. Para la industria vinícola, podríamos considerar tres características, como el grado de acidez (s), la densidad (ρ) o su valoración en la guía especializada Peñín (v), de manera que el precio π es expresado en función de éstas, es decir, $\pi = f(s, \rho, v)$. Dicha función es considerada constante en el tiempo, común para todos los productores e independiente del nivel de ventas. Debido a que la función es la misma para todos los productos del mercado, todos ellos se encuentran en la frontera de la eficiencia. Un producto cuyo precio esté por encima del mercado por dicha función –precio de mercado para un producto con tales características– no será competitivo, y tenderá a desaparecer a largo plazo. Un razonamiento similar se puede hacer con uno que tenga un precio menor. A largo plazo, todos los productos que queden serán igualmente competitivos, aunque cada una con una combinación de características particulares, que según sea el caso, darán lugar a un menor o mayor precio. Así, por ejemplo, una variedad concreta de vino, como el “Ribón crianza 2009”, puede ser representada por un punto en el espacio de características, estableciéndose un precio de mercado para ellas.

Consideramos que los productores pueden responder instantáneamente con cualquier cantidad demandada, manteniendo el mismo precio hedónico que le corresponda a sus características. Además, suponemos que el margen unitario es aproximadamente constante², de manera que la diferencia en beneficios procede fundamentalmente del nivel de ventas.

El comportamiento del consumidor está basado en la evidencia empírica encontrada (vista arriba). Ésta sugiere que no son los bienes, sino sus características los que satisfacen los deseos de consumo, de manera que éstos pueden ser expresados en términos de las características del producto demandado (exista o no). De esta manera, tanto los productos ofertados como los demandados son representados en un mismo espacio de características. Hacerlo así es muy conveniente, puesto que la distancia entre el producto demandado y el ofertado determina en qué medida éste último satisface los deseos del consumidor, lo cual influye de manera flagrante en la decisión de compra.

El objetivo de los consumidores es conseguir el producto que más se adecúe a sus deseos, mientras que el de los productores es buscar beneficios a través de las

²Independientemente de la cantidad vendida, de la ubicación en el espacio de características y del tiempo.

ventas. El consumidor es consciente de que la demanda de diferentes combinaciones de características implica diferentes precios de mercado, de manera que si lo hace es porque prefiere una cesta de características –con su correspondiente precio– sobre todas las demás, y que además, tiene recursos suficientes y la voluntad de adquirirla. Se supone que el precio de los distintos productos ofertados no influye significativamente en la decisión de compra, ya sea porque la decisión no suponga un gran impacto sobre la renta disponible, o bien porque no haya gran diferencia entre el impacto de las distintas alternativas, entre muchos otros motivos. En consecuencia, la renta no tiene un efecto relevante sobre las decisiones de consumo, esto es, los individuos toman éstas decisiones basándose únicamente en las características del producto.

Los consumidores no pueden buscar exhaustivamente el producto óptimo. En primer lugar, debido a los costes de búsqueda. En segundo lugar, debido a la información imperfecta, que impide determinar con total precisión las características del producto y, en muchos casos, sus deseos, que pueden ser, en gran medida, subconscientes. En último lugar, debido a la racionalidad limitada, el consumidor no es capaz de considerar todas las alternativas de compra que le ofrece el mercado. Por su parte, los productores no pueden adaptar instantáneamente las características de su oferta, pues acarrea un coste productivo y organizacional. Aunque no fuera así, tampoco conocen con total precisión los deseos de los consumidores hacia los que dirigir su oferta, las estrategias de sus competidores o incluso su propia función de producción. Así las cosas, consideramos que los consumidores deciden adquirir un producto –si existe– de entre aquellos que satisfagan *suficientemente* sus deseos de consumo socialmente adquiridos –y ninguno en caso contrario–, mientras que los productores deciden modificar las características del producto en busca de mayores beneficios. Pasemos a puntualizar qué y cómo los agentes –productores y consumidores– toman sus decisiones y en qué orden tienen lugar.

El sistema evoluciona en unidades discretas de tiempo, denominadas periodos ($t = 0, 1, 2, 3, \dots$). Cada periodo representa la duración de un ciclo completo de compra. El horizonte temporal al que hace referencia dependerá del producto en particular. Así, la decisión de comprar un automóvil suele hacerse cada cierto número de años, mientras que la del pan a diario (ver apéndice para más detalle).

Inicialmente ($t = 0$), no hay productores en el mercado, sólo deseos de consumo insatisfechos. Es decir, es la demanda la que induce la creación de la oferta y no al

revés. Más adelante, veremos como también es la demanda la que moldea la oferta. La entrada/salida y las especificaciones del producto ofertado son decisiones del productor que son motivadas por las decisiones de compra del consumidor.

En cada ciclo de compra tienen lugar las decisiones de consumidores y productores. El consumidor se enfrenta a diversas decisiones: a qué consumidores emular, si innovar, si comprar y, en tal caso, a quién. Por su parte, los productores deciden cuando entrar en el mercado, a qué nicho atender y, como la información que manejan es imperfecta y los deseos de los consumidores cambiantes, si adaptar su producto y, en tal caso, cómo. Veamos con más detalle estas decisiones y qué parámetros están involucrados en cada una de ellas.

Siguiendo la evidencia empírica, los deseos de consumo evolucionan –cambian su posición en el espacio de características– endógenamente mediante la interacción entre consumidores. Ésta indicaba que su evolución debe ser *path-dependent*, lo cual es garantizado si ésta obedece a mecanismos de emulación social. Sin embargo, los deseos también son transformados por medios diferentes a la influencia social, como la propensión de los individuos a probar nuevas experiencias de consumo o el acceso a información global (independiente del entorno social del individuo). Ambos mecanismos coinciden con los introducidos en el modelo de emulación para actualizar las posiciones de los agentes en el espacio de características, en este caso, la posición de sus deseos (ver capítulo primero).

Debido a todo ello, consideramos apropiado extender el anterior modelo de emulación, incorporando nuevas especificaciones que permitan abordar el estudio actual. Las dinámicas de emulación serán usadas para caracterizar el proceso de formación y co-evolución de los deseos de los consumidores. De esta manera, la red de interacción entre consumidores estará formada por comunidades de individuos con deseos similares –nichos de consumo– que co-evolucionan de manera endógena, condicionando la oferta mediante sus decisiones de compra.

La extensión del modelo de emulación implica asumir todas sus hipótesis y todos sus convencionalismos. De esta manera, se considera una población fija de N consumidores, representados éstos por sus deseos de consumo. Cada consumidor interactúa con mayor frecuencia con los más cercanos en el espacio social de características (localidad de la emulación arbitrada por α); al hacerlo se emulan mutuamente produciendo un acercamiento que, al depender éste de la importancia social relativa, es

asimétrico (intensidad de la emulación controlada por β). Además de la emulación, el individuo puede cambiar su posición –con una probabilidad p – mediante la reflexión individual. Este parámetro puede ser visto como la propensión del individuo a probar nuevas experiencias o el nivel de acceso que tiene éste a información más allá de su entorno social, lo que posibilita la reflexión y la ruptura con su entorno (pensar diferente a su entorno social). La dinámica de influencia social basada en la emulación tiene su origen en el modelo introducido en el primer capítulo de la presente memoria. Tras su estudio, se determinó que sólo dos de sus parámetros – α y p – son realmente trascendentales en la dinámica del sistema.

Los mecanismos de emulación provocan la convergencia de los deseos de los consumidores en nichos de consumo –formados por individuos con deseos similares–, que pueden ser vistos como una segmentación –partición– endógena del mercado (espacio de características). Debido a que la mayoría de las interacciones tienen lugar entre los individuos de un mismo nicho, éstas pueden ser vistas como comunidades que influyen en las decisiones de compra. El número de nichos, el tamaño y la distribución de éstos dependen exclusivamente de las dinámicas del modelo de emulación, en particular del parámetro α . Cuando éste es bajo, todo el mercado se agrupa en un único nicho, lo que posibilita la estandarización del producto. Cuando es moderado, surgen muchos nichos, aunque sólo unos pocos son representativos. Finalmente cuando es elevado, surgen muchos nichos pequeños de igual tamaño. De esta manera, este parámetro puede ser reinterpretado como el grado de fragmentación de la demanda.

Tras actualizar los deseos, los consumidores toman sus decisiones de compra en base a ellos. En particular, la decisión de compra es tomada teniendo en cuenta las distancias que hay –en el espacio de características– entre el producto deseado y los ofertados. Según la evidencia, a menor distancia, mayor satisfacción, aunque a partir de cierto umbral, el consumidor no es capaz de discernir la diferencia, por lo que basa su decisión en la imagen de marca del producto. También hay que tener en cuenta que la racionalidad limitada del consumidor le impide a éste evaluar todas las alternativas de compra. Adicionalmente, en el modelo consideramos que –en cada ciclo– el consumidor compra, a lo sumo, un producto de entre aquellos que satisfacen mínimamente sus deseos de consumo (y ninguno en caso de no satisfacerlos). De esta manera, el individuo no está obligado a consumir, lo que constituye una de las principales diferencias con el modelo de difusión de innovaciones presentado

en el capítulo anterior, en donde se suponía que los individuos estaban obligados a consumir un bien por ciclo (ya sea el básico o el ampliado). Todo esto es formalizado en la decisión de compra del consumidor, consistente en el siguiente proceso.

En primer lugar, el consumidor preselecciona aquellos productos que se encuentran a una distancia máxima dada –parámetro r – de su producto demandado. Este parámetro representa el nivel de exigencia del consumidor. Cuando éste es muy alto, el consumidor se considerará satisfecho con productos que mínimamente cumplen con sus requisitos. Este factor es una de las principales novedades del modelo. Aunque es habitualmente ignorado en los modelos convencionales, influye en propiedades del mercado tan relevantes como la estructura industrial (ver más adelante).

En segundo lugar, el consumidor selecciona estocásticamente un producto entre los candidatos con una probabilidad proporcional a la imagen de marca que tenga cada uno. La imagen de marca –visibilidad social– depende de la historia comercial del producto, esto es, del nivel de ventas acumulado durante su trayectoria. Sin embargo, las más antiguas tienen menor peso en la imagen de marca. Esta propiedad es capturada por una tasa de descuento $0 \leq \delta \leq 1$, que es un parámetro del sistema. Cuando δ es bajo, el consumidor olvida rápido el éxito pasado de las empresas, con lo cual este parámetro puede ser interpretado como la lealtad del consumidor a la marca. Un productor nuevo, que aún no haya vendido nada, goza de una imagen de marca mínima K –parámetro del sistema–, lo cual es equivalente a haber tenido un número mínimo de ventas (ver los formalismos más adelante).

Tras las decisiones del consumidor, el productor se enfrenta a tres decisiones. En éstas, sólo se consideran los nichos representativos, que son aquellos que tienen un tamaño superior al 5 % de los consumidores del mercado.

Por un lado, un nuevo productor –sólo uno por periodo– decide estocásticamente entrar al mercado para atender a un determinado nicho –su *target*– con probabilidad proporcional a la cuota de mercado que espera obtener al hacerlo. Para tomar esta decisión se basará en el criterio de decisión del consumidor. Concretamente tendrá que determinar que cuota de mercado le correspondería al competir con la imagen de marca inicial (K) respecto a la que tienen los competidores que se encuentren ya atendiendo (competencia directa). Como todos los mercados no tienen por qué tener una tasa de entrada mínima, consideramos un reductor $0 \leq M \leq 1$ –parámetro del sistema– sobre la probabilidad de entrada.

De esta manera, la tasa de entrada al mercado será endógena, la cual depende –principalmente– de cómo se organicen los consumidores y ésta, a su vez, del nivel de fragmentación de la demanda α . Cuanto mayor sean los nichos que conformen el mercado, más atractiva será la entrada, *ceteris paribus*. Siguiendo este mecanismo de entrada, los nuevos competidores tenderán a atender los nichos más desatendidos, haciéndolos cada vez menos atractivos en relación a los demás. El lector debe observar –del capítulo primero– que el aglutinamiento de la demanda implica una co-evolución en los deseos de los consumidores que no es inmediata, de manera que conforme la demanda va madurando, más atractiva se vuelve, *ceteris paribus*. En una simulación típica, el mercado carece de atractivo al empezar ($t = 0$), debido a que los deseos de los consumidores están inicialmente distribuidos de manera uniforme sobre el espacio de características. Así, si la demanda se encuentra tan fragmentada como para no haya nichos representativos –ya sea porque α sea muy elevado o porque la demanda aún no se haya organizado–, ningún productor entrará, y en consecuencia, no habrá oferta, sólo deseos de consumo insatisfechos.

Una vez decida entrar (lo que se produce al comienzo del siguiente periodo), el productor debe determinar las características precisas de su producto ofertado, lo que equivale –desde el punto de vista del modelo– a determinar la ubicación de entrada en el espacio de características. Ésta es calculada mediante una distribución normal sobre el espacio de características con media en el centro de su *target* y una desviación típica σ –parámetro del sistema– que representa la opacidad del mercado. Ésta puede representar distintas situaciones, como la existencia de patentes, el desconocimiento sobre los deseos concretos o la incapacidad técnica para satisfacerlos.

Por otro lado, cada productor que no haya alcanzado una cuota mínima de mercado, lo abandonará con una probabilidad q –parámetro del sistema– que representa la probabilidad de quebrar. Los que permanecen en el mercado sin haber alcanzado la cuota mínima, realizarán innovaciones en sus productos para ajustar mejor sus características a las exigencias de sus respectivos *targets* y buscar así mayores beneficios con los que superar la coyuntura. Desde el punto de vista del modelo, esto equivale a acercarse a éstos en el espacio de características. En cada ciclo, cada productor dirige su producto a un sólo nicho –su *target*–, sin que ello implique que lo atienda en exclusividad, sino que sólo adaptará las características del producto teniendo en mente las exigencias de éste. Estas modificaciones incrementales conlle-

van un coste y riesgo empresarial, que serán mayores cuanto mayor sea la distancia con su *target*, con lo cual, es razonable considerar que el productor selecciona el nicho representativo más cercano. Como se puede apreciar, la dinámica de la oferta también es endógena.

El movimiento de acercamiento al *target* –por ciclo– viene determinado por λ –parámetro del sistema– que refleja la capacidad de adaptación de la producción. En caso de que la distancia sea menor, se cubre la fracción que le reste, de manera que la distancia después de la adaptación nunca es mayor. En una simulación típica, todos los consumidores de un mismo nicho acaban en el centriolo de éste, al igual que los productores que lo tienen como *target*.

Este proceso se repite indefinidamente. Como veremos más adelante, el modelo captura –sin haberlo diseñado deliberadamente– las diferentes propiedades que caracterizan a cada fase del ciclo de vida industrial. Sobre la dinámica del sistema es importante señalar que aquellos productores que vendan a mayor ritmo y/o empiecen antes, incrementarán su imagen de marca respecto a los demás. Este aumento de peso va desequilibrando el mercado a su favor, expulsando a los productores más débiles e impidiendo la entrada de nuevos.

A modo de resumen, en nuestro modelo, los deseos de consumo evolucionan endógenamente mediante la interacción entre consumidores (ver el primer capítulo), basando la decisión de compra en las distancias que hay, en el espacio de características, entre el producto deseado y los ofertados. A menor distancia, mayor satisfacción, aunque a partir de cierto umbral, el consumidor no es capaz de discernir la diferencia, por lo que elige uno aleatoriamente, con probabilidad proporcional a la imagen de marca que tenga cada uno. En suma, el consumidor se enfrenta a diversas decisiones: a qué consumidores emular, si innovar, si comprar y, en tal caso, a quién. Por su parte, los productores deciden cuando entrar en el mercado, a qué nicho atender y, como la información que manejan es imperfecta y los deseos de los consumidores cambiantes, si adaptar su producto y, en tal caso, cómo. Se trata de un sistema complejo con intrincadas interacciones entre la oferta y la demanda, las principales se muestran en la figura 3.1. Como se puede apreciar en el diagrama, la actualización del posicionamiento del consumidor está determinado principalmente por el de sus vecinos (interacción demanda→demanda); las compras de los consumidores y la competencia entre productores son los determinantes de la entrada y salida de productores (interacción demanda→oferta y oferta→oferta respectivamente); la

decisión de compra viene determinada, en gran medida, por la imagen de marca de cada producto, que depende de las ventas acumuladas a lo largo de su historia (interacción oferta→demanda).

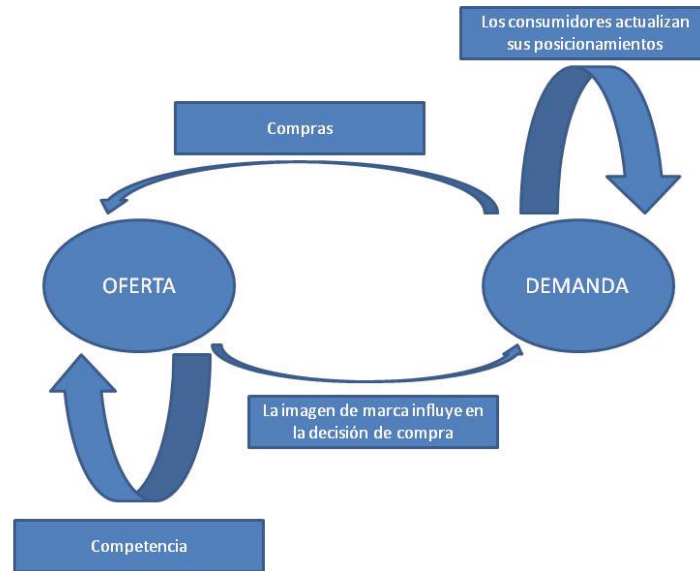


Figura 3.1. Principales relaciones causales de la dinámica del sistema

3.2.2. Descripción formal del modelo

El mercado está formado por dos poblaciones, la de los consumidores potenciales C en el lado de la demanda y la de los productores P en el de la oferta. Por simplicidad, de ahora en adelante reemplazaremos el término “consumidor potencial” por “consumidor”, con independencia de que dicho agente haya decidido consumir o no, salvo que sea precisa la distinción en un momento dado.

La población de consumidores está formada por un conjunto constante de N –parámetro del sistema– individuos $C(t) = \{C_1(t), C_2(t), C_3(t), \dots, C_N(t)\}$, y por tanto, $\text{card } C(t) = N$. La de productores es inicialmente $P(0) = \phi$, evolucionando de manera endógena mediante reglas de entrada/salida al/del mercado (ver abajo).

En el mercado se ofrecen productos heterogéneos en sus características, que re-

presentan distintas variedades de un mismo bien de consumo discrecional. Cada productor es representado por su producto ofertado, mientras que los consumidores por sus deseos de consumo, que pueden ser expresados en términos de las características que tendría el producto deseado (se oferte o no). De esta manera, podemos representar ambos agentes en un mismo espacio multidimensional de características. Cada dimensión representa el grado en el que un producto –demandado u ofertado– satisface una determinada característica, ya sea técnica o de servicio, que se asume continua y medida en sentido positivo en el intervalo $[0, 1]$.

Así, el espacio de características se define como $S = [0, 1]^n$ si éstas no están correlacionadas; en caso contrario, sería un subconjunto de S . Lo anterior implica que cada productor $P_i(t)$ es representado por la posición $p_i(t) = (p_{i1}(t), p_{i2}(t), \dots, p_{in}(t))$ que ocupa en el espacio de características su producto ofertado, mientras que cada consumidor $C_j(t) \in C(t)$ por la que ocupa su producto demandado –exista o no–, esto es, $c_j(t) = (c_{j1}(t), c_{j2}(t), \dots, c_{jn}(t))$.

Un nicho de mercado es un conjunto de consumidores con posicionamientos similares, al que también se le denomina clúster (ver modelo de emulación en el capítulo primero). El conjunto de todos los clústeres es denotado por $G(t) = \{G_1(t), G_2(t), G_3(t), \dots\}$, donde $\text{card } G(t)$ denota al número de clústeres, $\text{card } G_i(t)$ al número total de consumidores que tiene el nicho $G_i(t)$ y $g_i(t)$ a su centriolo. Por simplicidad, consideramos una partición excluyente de los consumidores, de manera que en cada periodo se verifica que $G_i(t) \cap G_j(t) = \phi$ con $i \neq j$, lo que implica que $\text{card}(\cup_i G_i(t)) = \sum_i \text{card } G_i(t) = N$. Cuando un nicho sea el objetivo de un productor, diremos que aquel es su *target*.

De ahora en adelante, dejaremos de incorporar referencias temporales a cada variable del modelo ($P, P_i, p_i, C, C_j, c_j, G, G_k, g_k, \dots$), aunque sólo será a efectos de redacción, y siempre que el contexto sea suficiente para evitar confusiones. Cuando se quiera enfatizar el periodo al que se refiere una variable, ésta será expresada con su referencia temporal.

Empleamos un RAU (*Random Asynchronous Updating*) para establecer en qué orden actúan los agentes. Elegimos este criterio porque es una de las mejores formas de aproximar el tiempo continuo a partir de uno discreto. En la figura 3.2 se presenta un esquema procedimental a alto nivel del sistema.

A continuación detallaremos qué acciones acontecen, por parte de quién y en

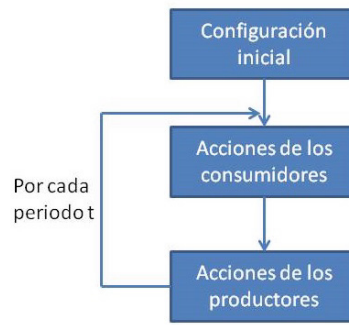


Figura 3.2. Esqueleto del algoritmo

qué orden dentro de cada ciclo iterativo:

1. Configuración **inicial**: La demanda está formada por una población fija C de N –parámetro del sistema– consumidores. La posición de cada consumidor $c_i(0)$ es calculada por una distribución uniforme multidimensional sobre el espacio de características. De manera que, los consumidores son uniformemente distribuidos al empezar. La oferta no cuenta inicialmente con ningún productor $P(0) = \phi$. De esta manera, la demanda está inicialmente desatendida.

En cada periodo t :

2. Acciones de los consumidores:

- 2.1. Actualización de los **posicionamientos** de los consumidores: Cada consumidor C_i actualiza sus deseos c_i vía emulación –al interactuar con otros– o vía innovación. La dinámica provoca que los deseos de los consumidores converjan localmente en nichos de demanda G , los cuales representan una partición sin solapamiento de la población de consumidores C . Este proceso es tomado sin cambios –salvo en la notación– del modelo de emulación visto en el capítulo primero. Sus parámetros son reinterpretados para ajustarse a la nueva realidad que representan. De esta manera, α representa la fragmentación de la demanda, β la permeabilidad a la emulación, p la innovación en el consumo –propensión a tener nuevas experiencias– y N el número de consumidores. Así pues:

$$P_{ij}(t) = P_{ji}(t) = \left(1 - \frac{d_{ij}(t)}{d_m}\right)^\alpha$$

$$\begin{aligned}
c_i(t+1) &= c_i(t) + m_{ij}(t) \cdot [c_j(t) - c_i(t)] \\
c_j(t+1) &= c_j(t) + m_{ji}(t) \cdot [c_i(t) - c_j(t)] \\
m_{ij}(t) &= (V_{j/i}(t))^\beta \cdot d_{ij}(t) \\
m_{ji}(t) &= (V_{i/j}(t))^\beta \cdot d_{ij}(t) \\
V_{i/j}(t) &= \frac{V_i(t)}{V_i(t) + V_j(t)} \\
V_{j/i}(t) &= \frac{V_j(t)}{V_i(t) + V_j(t)}
\end{aligned}$$

$$V_i(t) = \frac{\# \text{interacciones (aristas) del consumidor (nodo) } C_i \text{ en } t}{\# \text{interacciones (aristas) totales en } t}$$

$$c_i(t+1) = (c_i^1(t+1), \dots, c_i^n(t+1)) \in S$$

$$x_i^k(t+1) \sim U(0, 1) : k = 1, 2, \dots, n$$

2.2. Consumir: Cada consumidor C_i sólo considera aquellos productos P_j que están “suficientemente” cerca de sus deseos de consumo (posicionamientos) como para satisfacerlos³. Por ello, preselecciona aquellos productos que se encuentren en el espacio de características –a lo sumo– a una distancia r –parámetro del sistema–, es decir, aquellos cuya distancia $d(c_i, p_j) \leq r$. Si r es alto, el consumidor se considerará satisfecho con productos muy diferentes a los deseados. De esta manera, el parámetro r representa el nivel de exigencia del consumidor. De entre los productos potenciales –si los hay–, cada consumidor compra estocásticamente uno sólo, con probabilidad proporcional a la imagen de marca de cada productor. La imagen de marca del productor P_j al comienzo del periodo t viene determinada por:

$$I_j(t) = K + \sum_{i=1}^t \delta^{i-1} \cdot v_j(t-i),$$

donde K es un parámetro del sistema que representa la imagen de marca autónoma, δ es una tasa de descuento, que representa el efecto memoria, y $v_j(t-i)$ son las ventas del productor P_j durante el periodo $t-i$ (véase

³El radio del consumidor puede interpretarse también como el tipo de producto que el consumidor considera compatible con el que consume su entorno social.

el esquema 3.3). La imagen de un productor que no haya vendido nunca nada hasta t , será $I_j(t) = K$, puesto que las ventas de periodos anteriores serían nulas, ya sea porque no estuviera en el mercado o porque realmente no hubiese vendido nada. Si δ es bajo, el consumidor tendrá menos en cuenta la historia de la empresa en su decisión de compra. Como consecuencia, δ puede ser interpretado como la lealtad del consumidor. En caso de que el periodo actual estuviera inconcluso, esto es, que se encontrase en un punto t^* , entre $t - 1$ y t , debido a que aún hubieran consumidores por decidir, la imagen de marca $I_j(t^*)$, se calcularía de la forma habitual, donde las ventas del actual periodo en curso $v_j(t - 1)$, serían las que tendrían lugar desde que se inició el periodo $t - 1$ hasta el instante t^* .

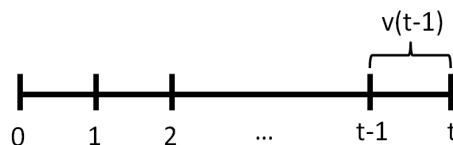


Figura 3.3. Ventas realizadas por el productor durante todo el periodo $t - 1$

3. Acciones de los productores: El productor también vive en un entorno radicalmente incierto, del que desconocen con exactitud diversos datos como: la evolución de la demanda y la competencia, o incluso su propia función de producción. Su racionalidad es limitada, de manera que su comportamiento no es óptimo, sino adaptativo. Consideramos que el comportamiento del productor consta de tres decisiones (la entrada al mercado, la adaptación de las características del producto y la salida del mercado) que sólo dependen del estado actual del sistema. En la entrada al mercado, la racionalidad limitada del productor le impide ofrecer el producto demandado por su *target*. En la adaptación del producto, el productor sólo considera las exigencias del nicho de mercado más cercano, pues implica un menor coste y un menor riesgo a corto plazo. La racionalidad limitada implica una visión cortoplacista que, eventualmente, puede llevar al productor a la quiebra en el largo plazo. Formalmente:

3.1. Cada productor P_j que en este periodo no haya alcanzado un nivel mínimo de ventas del 5 % de la población de consumidores N (tal que $P_j \in P : v_j(t) < 0.05 \cdot N$), decide abandonar el mercado o adaptar su oferta.

- 3.1.1. El productor P_j **saldará** del mercado con probabilidad q , que es un parámetro del sistema que representa la probabilidad de quiebra.
- 3.1.2. Con $1 - q$, el productor P_j **adaptará** su oferta al nicho de mercado más cercano que será considerado como su *target*. Un *target* sólo puede ser un nicho representativo, esto es, los *targets* potenciales son aquellos $G_i \subset G$ tales que $\text{card } G_i > 0.05 \cdot N$. Esta adaptación implica que el productor se acerca al *target* una cantidad fija λ cada periodo (o fracción si resta una distancia menor). Formalmente, se reduce la distancia $d(p_j, g_i)$ entre la posición del productor p_j y la del centriolo del clúster g_i en $\min(\lambda, d(p_j, g_i))$ unidades. Es importante notar que un productor que alcance el nivel mínimo de ventas, permanecerá en el mercado sin adaptar su oferta en absoluto.
- 3.2. Un productor nuevo decide si debe **entrar** al mercado. Se considera que a lo sumo puede entrar un productor por periodo, que establecerá a uno de los nichos representativos como su *target* (ver más abajo). Tener a un nicho como *target* es indicativo de que el productor centra sus esfuerzos en él, pero en ningún caso implica exclusividad. Los consumidores de otros nichos podrían comprarle si lo consideran oportuno. Un productor P_k decidirá si entra en el mercado con una probabilidad endógena que depende de sus expectativas⁴:

$$\begin{aligned}
 p_{\text{entrada}} &= \sum_{G_i \in G: \text{card } G_i > 0.05N} \left(M \cdot \frac{K}{K + \sum_{P_j \in P_{G_i}} I_j} \cdot \frac{\text{card } G_i}{N} \right) = \\
 &= \frac{M \cdot K}{N} \cdot \sum_{G_i \in G: \text{card } G_i > 0.05N} \left(\frac{\text{card } G_i}{K + \sum_{P_j \in P_{G_i}} I_j} \right),
 \end{aligned}$$

donde G es el conjunto de clústeres de consumidores (nichos de mercado), M es un parámetro del sistema que reduce la probabilidad de entrada al mercado, K es la imagen de marca autónoma, $\text{card } G_i$ el número de consumidores potenciales del nicho G_i y P_{G_i} el conjunto de productores que han vendido a éste en el periodo en curso. Nótese que la probabilidad

⁴Nótese que el productor que acaba de entrar no puede vender nada en lo que resta de periodo.

de entrar en el clúster G_i depende de la cuota de mercado esperada:

$$M \cdot \frac{K}{K + \sum_{P_j \in P_{G_i}} I_j} \cdot \frac{\text{card } G_i}{N} = M \cdot \text{cuota_de_mercado_esperada}.$$

De este modo, un mercado puede ser poco atractivo por dos motivos. Porque todos los nichos estén ocupados por productores con una alta imagen o porque la demanda esté muy dispersa (nichos pequeños⁵). Una vez decidido dónde entrar –al final de t –, el productor P_k entra al mercado (en $t + 1$) cerca del nicho G_i –*target*– con la intención de atenderlo. Según el nivel de opacidad del mercado –medida por el parámetro σ –, el nuevo productor conocerá con mayor o menor precisión el lugar exacto de entrada, que será calculado a partir de una distribución normal con media en el centriolo del clúster g_i y de desviación típica σ , esto es, $p_k \sim N(g_i, \sigma)$.

El lector podrá advertir que todos los productores de la industria no son realmente competidores. La rivalidad se produce únicamente entre competidores directos, que son aquellos productores que atienden a los mismos nichos, con independencia de que sean o no sus *targets*. Señalar que a mayor r , mayor proporción de la cuota de mercado de cada productor provendrá de ventas realizadas fuera de su *target* (ventas no esperadas). Este hecho tendrá un efecto insólito que indicaremos más adelante durante el estudio de la dinámica del sistema.

La dinámica, antes presentada, refleja que la oferta y la demanda evolucionan –y co-evolucionan– de manera endógena. Esto se debe a que las interacciones que se producen entre los distintos agentes del sistema –sean productores o consumidores– son determinadas estocásticamente a partir de reglas, que dependen del estado del sistema, lo que implica asumir –explícita o tácitamente– una estructura de interacción entre agentes. Esta puede ser vista –formalmente– como un grafo dinámico que evoluciona estocásticamente según el estado del sistema. Los nodos representan a los agentes que hay en el mercado. Como la población de productores no es fija, el número de nodos tampoco lo es. Las aristas representan la probabilidad de que sus

⁵Nótese que si la demanda estuviera tan dispersa como para que no existieran nichos representativos, no habría incentivo para que ningún productor entrase al mercado, dando lugar a que la demanda quedase sin atender por la falta de interés comercial.

nodos interactúen. Esto implica considerar un grafo completo dirigido con pesos en las aristas que representen dicha probabilidad, la cual, lejos de ser fija, depende del estado del sistema. Resulta ilustrativo, subdividir el grafo según el tipo de agentes involucrados en la interacción. La primera es entre consumidores. Todos los consumidores pueden interactuar con todos los demás, aunque todas las interacciones no tienen la misma probabilidad ni el mismo efecto. La probabilidad es la misma con independencia de quién inicie la interacción, de manera que, en este caso, las aristas no son dirigidas. La segunda es entre productores, la cuál es inexistente, puesto que éstos interactúan entre ellos sólo de manera indirecta, cuando arrebatan ventas a sus competidores a través de la demanda. La última es entre consumidores y productores. Ésta viene determinada por la exigencia del consumidor r , puesto que un consumidor sólo puede comprar a los productores que se encuentren, a lo sumo, a distancia r . Con los demás no interactúa, es decir, su probabilidad –peso– es 0. De entre aquellos con los que interactúa, la probabilidad depende de la imagen de marca de cada producto.

El lector ha podido observar, que la dinámica del sistema está formada por un conjunto de reglas estocásticas que dependen, en última instancia, de varios parámetros del sistema. Todos éstos son constantes y comunes a todos los agentes. Hay que tener en cuenta que casi todos estos parámetros podrían considerarse como micro-parámetros, propios de cada individuo. No obstante, por simplicidad y pragmatismo, dejamos este planteamiento para trabajos futuros. Algunos parámetros, como α , β , p , N , r y δ son de demanda. Los cuatro primeros provienen del modelo base de emulación, que en este ámbito reinterpretemos como: la fragmentación de la demanda α , la permeabilidad a la emulación β , la innovación en el consumo p (propensión a tener nuevas experiencias) y el número de consumidores N . El nivel de exigencia del consumidor $r \geq 0$ determina la distancia máxima a la que un consumidor considera que un producto puede satisfacer sus deseos. La lealtad a la marca $0 \leq \delta \leq 1$ es una tasa de descuento de la imagen de marca. Otros parámetros, como q , λ , K , M y σ son de oferta. El parámetro $0 \leq q \leq 1$ representa la probabilidad de quiebra con la que un productor, que no haya alcanzado un nivel mínimo de ventas, abandona el mercado en un periodo cualquiera. La capacidad de adaptación⁶ de la oferta λ mide la distancia máxima –en el espacio de características– que puede recorrer un productor por periodo. La imagen de marca autónoma K representa la imagen de

⁶Puede ser visto como capacidad de innovación incremental.

marca que tiene un productor que no haya vendido nada en su historia. El reductor de la probabilidad de entrada al mercado $0 \leq M \leq 1$ (empleada para calcular la probabilidad de entrada al mercado). El grado de opacidad del mercado σ mide cuánto se desvían los productores de su *target* al entrar al mercado. Como ya se comentó, este parámetro puede representar dos tipos de opacidad. En la demanda, la incertidumbre en la información acerca de las necesidades exactas del nicho. Mientras que en la oferta, el grado en el que aun conociendo con precisión las necesidades del nicho, el productor no puede satisfacerla, ya sea debido a patentes o a que no sabe hacerlo con precisión por motivos técnicos.

De cara a una exploración del espacio paramétrico es deseable que los parámetros estén acotados. Algunos ya lo son por propia definición, como q , por su naturaleza probabilística, o M , por ser la proporción en la que se reduce la probabilidad de entrada al mercado, o δ , al ser una tasa de descuento. En cambio, otros no son acotados, pero permiten ser ajustados para que lo sean, como sucede con r , λ y σ , que pueden ser redefinidos en proporción a la distancia máxima $d_{\text{máx}}$ a la que pueden encontrarse dos individuos en el espacio de características, es decir, la diagonal; o como K , en proporción al tamaño de la población de consumidores (N). De esta manera, el rango de todos los parámetros acotados es $[0, 1]$. Sin embargo, no siempre todo el rango es de interés, ya que ciertos valores pueden llevar a dinámicas desvirtuadas.

Atendiendo a lo que representan, los parámetros de demanda r y δ podrían ser modificados por los productores mediante esfuerzo en marketing comercial, mientras que la fragmentación de la demanda α podría cambiar mediante marketing social. Es lógico suponer que δ es el factor que se puede modificar en un menor horizonte temporal, seguida de r , que puede requerir un aprendizaje por parte del consumidor —por ejemplo, entrenando el gusto, como sucede en la industria vinícola— y por último de α , debido a su naturaleza más general, más allá del ámbito comercial⁷. Por el lado de la oferta, la capacidad de innovación λ podría ser modificada mediante esfuerzos en I+D, la probabilidad de salida q podría variar según las circunstancias financieras de la economía, y la opacidad del mercado σ podría verse reducida

⁷Nótese que el parámetro r capta aspectos muy distintos a α . El primero está relacionado con la tolerancia comercial de los consumidores respecto al producto, mientras que el segundo define como son las interacciones sociales entre consumidores, y por tanto, tiene implicaciones culturales más profundas.

haciendo un estudio de mercado más completo o conforme la industria vaya madurando y sus propiedades se hagan más accesibles. Todos los parámetros del modelo podrían considerarse endógenos, ya sea ampliando el modelo o considerando éste como un módulo de un sistema mayor formado por varios subsistemas abiertos que interactúan entre sí, construyendo en conjunto, una economía artificial más completa. Por ejemplo, q podría proceder de un modelo financiero que ajustase el tipo de interés según las circunstancias del mercado. Esto pone de manifiesto la potencia y versatilidad que tiene el modelo, idóneo para un diseño modular. Todas estas consideraciones se dejarán para trabajos futuros.

3.3. Variables agregadas bajo estudio

El modelo anteriormente presentado será simulado por computador, determinando cómo evoluciona –según los parámetros de entrada– el estado del sistema. Sin embargo, éste está formado por una infinidad de micro-variables que complican sobremanera su análisis y comprensión. El estado de nuestro mercado “artificial” está formado por micro-variables como la posición de cada productor y de cada consumidor en el espacio de características, todas las interacciones que han tenido lugar entre consumidores, todas y cada una de las transacciones hechas entre consumidores y productores, las imágenes de marca de cada uno de ellos y un largo etcétera.

En la práctica no podemos conocer –con todos sus detalles– el estado del sistema, por lo que es necesario definir un conjunto de variables *proxies* que nos permitan caracterizarlo de manera simplificada. Es decir, nos centramos en un conjunto de propiedades del sistema que sean de interés para el estudio. Estas variables *proxies* suelen ser obtenidas por agregación –media, mediana, suma, etc.– de micro-variables que contienen toda la información sobre el estado del sistema.

En este estudio consideramos especialmente relevantes tres propiedades del estado del sistema. Como el estado cambia con el tiempo, sus propiedades también dependen del tiempo. La primera es el número de productores que se encuentran en el mercado en un momento dado:

$$\Pi(t) = \text{card } P(t) = \# \text{Productores}(t).$$

La segunda es el nivel de adopción del producto ofrecido por la industria. Recuérdese que cada productor ofrece una variedad de un mismo bien de consumo discrecional. De esta manera, la podemos calcular desde el lado de la oferta como la proporción que suponen las ventas realizadas por todos los productores de la industria respecto a todas las que se podrían haber realizado (N , una por consumidor):

$$\Lambda(t) = \frac{1}{N} \sum_{P_j \in P} v_j(t).$$

Y la tercera es el índice de Herfindahl, que mide el grado de concentración industrial:

$$H(t) = \sum_{P_j \in P} (s_j(t))^2,$$

donde $s_j(t)$ es la cuota de mercado del productor P_j en t . Se cumple que $\frac{1}{\text{card } P} \leq H \leq 1$, lo que implica que si $H \approx 0$, tiene lugar una estructura industrial de competencia perfecta, mientras que si $H \approx 1$, se produce un monopolio. A nivel teórico, la competencia perfecta y un alto grado de entradas/salidas de empresas del mercado van de la mano, mientras que sucede lo contrario en un monopolio.

Sabido es que la industria sigue un ciclo de vida en el que se distinguen tres o cinco fases, según sigamos a uno u otro autor, cada una con una idiosincrasia particular. Sus principales características son⁸:

- En la fase temprana: el volumen de ventas es bajo, las necesidades del mercado no están bien definidas (deseos dispersos), los productos sufren gran cantidad de modificaciones en sus especificaciones, existen pocas barreras de entrada y el número de empresas crece rápidamente.
- En la fase de desarrollo: el volumen de ventas crece rápidamente, los productos sufren menos modificaciones en sus especificaciones, hay una gran variabilidad en los *shares*, el número de empresas alcanza su máximo y luego se produce una “sacudida”. Algunos autores consideran que esta sacudida es una fase distinta de la anterior, denominada “fase de turbulencias”. La consideremos

⁸El modelo, como representación abstracta de la realidad, sólo captura los aspectos bajo estudio, por lo que no vamos a prestar atención a otros aspectos del ciclo de vida, como la evolución de la mano de obra o la cuantía destinada a la inversión en I+D.

independiente o no, el hecho es que no todas las industrias pasan por tal fase.

- Durante la fase de madurez: el crecimiento de la tasa de adopción se estabiliza, los consumidores saben lo que quieren y los productores cuáles son las necesidades del mercado (por lo que los productos sufren pocas modificaciones en sus especificaciones), los *shares* tienen poca variabilidad y los nuevos productores tienen una mayor dificultad para desplazar a los antiguos.

El estudio de las variables agregadas consideradas aportará suficiente información sobre el estado de la industria como para analizar la existencia de patrones en el ciclo de vida industrial.

3.4. Simulación y reducción de la dimensionalidad

El modelo computacional tiene, además de la constante N , un total de 10 parámetros, que se suponen poblacionales (iguales para todos los agentes económicos) y constantes en el tiempo: 5 parámetros relativos a la demanda (α , β , p , r y δ) y 5 asociados a la oferta (K , M , σ , q y λ). Sin embargo, no todos ellos tienen la misma importancia en términos explicativos de las tres variables agregadas consideradas. Las numerosas simulaciones realizadas parecen mostrar el papel destacado de 3 parámetros del modelo (α , r y δ) y el escaso efecto cualitativo de los otros 7. Por ello, nos planteamos cuantificar estadísticamente el efecto de esos bloques de parámetros en la distribución asintótica de las variables Λ , Π y H .

Tomando como valores base $N = 75$, $\alpha = 24$, $\beta = 6$, $p = 0.003$, $r = 0.3$, $\delta = 0.8$, $K = 0.1$, $M = 0.9$, $\sigma = 0.1$, $q = 0.05$, $\lambda = 0.003$, comenzamos determinando las distribuciones asintóticas de Λ , Π y H . La experiencia y otros análisis informales complementarios nos indican que para $t \geq 5000$, el sistema se encuentra cerca del estacionario, esto es, que las distribuciones teóricas son similares, al menos, a partir de entonces. Para corroborarlo, compararemos las distribuciones temporales obtenidas en distintos periodos, cada una a partir de una muestra de 100000 simulaciones. Las muestras temporales deben estar suficientemente espaciadas como para reducir la posible auto-correlación temporal. En particular, consideramos los siguientes

periodos⁹: $t = 5000, 5500, 6000, 6500, 7000$. La tabla 3.1 muestra los estadísticos descriptivos básicos de tales distribuciones temporales.

t	5000	5500	6000	6500	7000
$\Lambda(t)$					
\bar{x}	0.9845	0.9845	0.9845	0.9844	0.9843
s_{n-1}	0.0194	0.0194	0.0194	0.0195	0.0196
Asimetría	-1.6672	-1.6272	-1.6300	-1.6215	-1.6471
Curtosis	3.8003	3.2120	3.3330	3.2245	3.4235
$\Pi(t)$					
\bar{x}	3.7535	3.7351	3.7169	3.7034	3.6955
s_{n-1}	1.4951	1.4979	1.4831	1.4915	1.4886
Asimetría	0.4936	0.5049	0.4970	0.4957	0.4927
Curtosis	0.1545	0.1968	0.1715	0.1695	0.1611
$H(t)$					
\bar{x}	0.4520	0.4546	0.4561	0.4577	0.4591
s_{n-1}	0.2072	0.2093	0.2091	0.2111	0.2121
Asimetría	1.0843	1.0714	1.0605	1.0669	1.0596
Curtosis	0.6199	0.5587	0.5282	0.5107	0.4765

Tabla 3.1. Estadísticos descriptivos de $\Lambda(t)$, $\Pi(t)$ y $H(t)$

Aunque se aprecia una razonable estabilización de las medias y desviaciones típicas, para seleccionar un adecuado t que permita una buena estimación de la distribución asintótica utilizamos el test de Kolmogorov-Smirnov (K-S). Así, aplicamos este test a cada dos distribuciones temporales consecutivas (en t y en $t + 500$) para contrastar si son muestras procedentes de la misma distribución (hipótesis nula). De esta manera, la prueba está formada por 15 test de Kolmogorov-Smirnov, uno por cada variable *proxy* y pares de periodos consecutivos. Asumimos el nivel de significación usual del 5%. Los p -valores del test K-S se muestran en la tabla 3.2, en la que se observa cómo se rechaza la igualdad de las distribuciones $\Pi(t)$ y $H(t)$ en $t = 5000$ (esto es, las distribuciones $\Pi(5000)$ y $H(5000)$ son significativamente diferentes a $\Pi(5500)$ y $H(5500)$), mientras que se acepta la hipótesis nula para $t \geq 5500$ (a partir de ahí, las distribuciones de $\Lambda(t)$, $\Pi(t)$ y $H(t)$ son similares cada dos periodos consecutivos). Para mayor garantía, utilizamos las distribuciones empíricas obtenidas de las 100000 simulaciones realizadas en $t = 6000$ como buenas aproximaciones –tanto en tiempo como en tamaño muestral– de las distribuciones

⁹También se han realizado estudios informales, extendiendo el tiempo hasta $t = 200000$ con idénticas conclusiones.

teóricas asintóticas¹⁰ de Λ , Π y H .

t	5000	5500	6000	6500	7000
$\Lambda(t)$	1.0000	0.6325	0.9907	0.6062	1.0000
$\Pi(t)$	0.0296	0.0929	0.2034	0.9182	0.7519
$H(t)$	0.0210	0.0981	0.3005	0.4624	0.4556

Tabla 3.2. Test K-S sobre $\Lambda(t)$, $\Pi(t)$ y $H(t)$

Con el objetivo de contrastar nuestras sospechas de que sólo 3 parámetros del modelo (α , r y δ) tienen un efecto notable sobre la evolución de las tres variables agregadas consideradas, dividimos el conjunto de parámetros en dos bloques (el conjunto PR formado por α , r y δ , y el conjunto PNR formado por los otros 7 parámetros supuestamente no relevantes) y estudiamos el efecto de cambios en esos bloques. Así, en primer lugar, hacemos un muestreo aleatorio simple sobre los vectores paramétricos variando sólo los parámetros del bloque PNR (dejando fijos, en los valores base, los parámetros del bloque PR) y comparamos las distribuciones que se obtienen para Λ , Π y H con las generadas para los valores base en $t = 6000$. Para comprobar que las conclusiones no dependen del tamaño muestral, realizamos todas las pruebas para distintos tamaños muestrales $n = 250$, 500 y 1000 . Esta prueba consta de 72 test de Kolmogorov-Smirnov.

En la tabla 3.3 se muestran los p -valores del test K-S, tanto cambiando todos los parámetros del bloque PNR como variando sólo uno de ellos. En todos los casos se acepta la hipótesis nula: todas las muestras generadas variando un único parámetro o todos aquellos del conjunto PNR para Λ , Π y H provienen de las mismas distribuciones que las obtenidas con los valores base. El conjunto PNR tiene un efecto poco significativo. El estudio marginal de cada parámetro indica que no se debe a efectos compensatorios. De este modo, se corrobora el papel marginal que desempeñan los parámetros del bloque PNR –tanto de manera aislada como conjunta– sobre la evolución de las tres variables agregadas consideradas.

¹⁰El estado del sistema depende del tiempo, pero va estabilizándose conforme $t \rightarrow \infty$. El objetivo es encontrar un t suficientemente alto como para aproximar bien el estado en el estacionario, a la vez que bajo como para que sea computacionalmente factible. Para $t \geq 6000$ se producen pocos cambios en las distribuciones, por lo que consideramos que es una buena aproximación del estado del sistema en el estacionario.

	Λ	Π	H
$n = 250$			
PNR	0.9782	0.2223	0.5855
β	0.9212	0.9983	0.7093
p	0.9936	0.9807	0.4626
q	0.9212	0.5167	0.1631
M	0.999	0.4033	0.3535
λ	0.5855	1.0000	0.8830
K	1.0000	1.0000	0.3300
σ	0.4616	0.9885	0.4954
$n = 500$			
PNR	0.5641	0.6228	0.0911
β	0.4461	0.7073	0.5707
p	0.9986	1.0000	0.8616
q	0.3251	0.9994	0.9272
M	1.0000	0.5487	0.4551
λ	0.7228	0.9661	0.2551
K	0.9133	1.0000	0.7024
σ	0.98	0.143	0.3284
$n = 1000$			
PNR	0.9893	0.3249	0.3545
β	1.0000	0.9825	0.6423
p	0.9947	1.0000	0.9445
q	0.8642	0.9825	0.6762
M	1.0000	0.4907	0.6704
λ	0.9965	0.6322	0.6042
K	0.8378	0.9748	0.5738
σ	0.0755	1.0000	0.9196

Tabla 3.3. Test K-S sobre los parámetros no relevantes

Ahora analizamos de igual forma el efecto de los parámetros α , r y δ . Para ello, hacemos un muestreo aleatorio simple (de nuevo, de tamaño $n = 250$, 500 y 1000) sobre los vectores paramétricos en los que sólo varían aquellos del conjunto PR , manteniendo al resto constante en sus valores por defecto. Se acometen un total de 36 tests KS.

En la tabla 3.4 se muestran los p -valores del test K-S, en la que se observa el rechazo de la igualdad de distribuciones en todos los casos y la consecuente relevancia de los 3 parámetros considerados conjuntamente. Además, se observa cómo el parámetro r es el que desempeña el papel más destacado al cambiar con mayor significación las distribuciones de las variables Λ , Π y H (en particular, α y δ no afectan por sí solas a la tasa de adopción). Por ello, en adelante, centraremos el estudio de la dinámica del modelo en el parámetro r (nivel de exigencia del consumidor). El bloque PR tiene mayor impacto que cada parámetro marginalmente, lo que es

indicativo de la existencia de importantes efectos conjuntos entre tales parámetros.

	Λ	Π	H
$n = 250$			
PR	0.0001	$2.2 \cdot 10^{-16}$	$2.2 \cdot 10^{-16}$
α	0.1216	0.1269	0.246
δ	0.883	0.8137	0.0348
r	0.3856	$2.2 \cdot 10^{-16}$	$2.2 \cdot 10^{-16}$
$n = 500$			
PR	0.0004	$2.2 \cdot 10^{-16}$	$2.2 \cdot 10^{-16}$
α	0.9601	0.0003	$2.3 \cdot 10^{-5}$
δ	0.8801	0.6375	0.0398
r	0.022	$2.2 \cdot 10^{-16}$	$2.2 \cdot 10^{-16}$
$n = 1000$			
PR	$1.4 \cdot 10^{-11}$	$2.2 \cdot 10^{-16}$	$2.2 \cdot 10^{-16}$
α	0.2734	0.0001	0.0009
δ	0.7716	0.0284	0.0064
r	$1.9 \cdot 10^{-7}$	$2.2 \cdot 10^{-16}$	$2.2 \cdot 10^{-16}$

Tabla 3.4. Test K-S sobre los parámetros relevantes

Lo ideal sería estudiar la dinámica del sistema, determinando el efecto de cada parámetro sobre las distribuciones de las variables *proxies* seleccionadas. No obstante, la alta complejidad y extensión del modelo limitan esta aproximación a favor de otras más simples basadas en las medias. Una pregunta que se podría plantear es si un enfoque basado en medias sería adecuado, o por contra, perdería todo el rigor.

Por el teorema central del límite, podemos estimar μ (media poblacional) a partir de la media muestral \bar{x} , que es una variable aleatoria (depende de cada muestra) que, para un tamaño muestral n suficientemente grande, sigue una distribución normal $N(\mu, \frac{\sigma}{\sqrt{n}})$ independientemente de cómo se distribuya la población de partida.

Dada que la muestra que hemos utilizado es de 100000, el estimador puntual de la varianza –la cuasivarianza– la aproxima suficientemente bien, de manera que, podemos considerar que la varianza poblacional es conocida. Estamos interesados en obtener el intervalo de confianza de la media poblacional con un nivel de confianza del 95 %. Es decir, una probabilidad de 0.95 de que el intervalo cubra el verdadero valor de la media poblacional. En la tabla 3.5 se incluye el radio de cada intervalo de confianza que obtendríamos si calculáramos la media a partir de una muestra de sólo 500 realizaciones.

	Λ	Π	H
Radio	0.0017	0.1300	0.0183

Tabla 3.5. Intervalo de confianza para una muestra de 500 realizaciones

Teniendo en cuenta lo que representa cada variable, el radio del intervalo de confianza es suficientemente reducido para muestras de 500 realizaciones (diferentes por sus semillas de números pseudo-aleatorios). De esta manera, un estudio que se base en medias de dicho tamaño muestral tendrá suficiente rigor. En el resto del capítulo, salvo que se indique lo contrario, se emplearán muestras de dicho tamaño.

3.4.1. Conclusiones de la reducibilidad

Las pruebas realizadas corroboran las sospechas iniciales: los principales parámetros del modelo son: α , δ y r ; siendo éste último el más relevante. El único parámetro relevante, que legamos del modelo de emulación, es α , que como ya vimos entonces, es el factor principal a la hora de definir cómo se distribuyen los tamaños de los nichos de consumo. También hemos comprobado que 500 realizaciones son suficientes como para obtener medias muestrales representativas con las que basar los estudios de la dinámica del sistema.

3.5. Estudio de la dinámica

Haremos un análisis exhaustivo centrado únicamente en los tres parámetros relevantes del modelo: la fragmentación de la demanda α , la lealtad a la marca δ y la exigencia del consumidor r . Primero estudiaremos el efecto de éstos en el estado asintótico del sistema y luego en el transitorio.

3.5.1. Las ventajas competitivas relativas

“Los tres parámetros determinan qué ventajas competitivas relativas emergerán, marcando el estado asintótico de la industria”

Para hacer la explicación más intuitiva, es interesante pensar que el comporta-

miento del sistema está arbitrado por la existencia de ventajas competitivas relativas. El productor que tenga acceso a tales ventajas incrementará su cuota de mercado a costa de sus competidores, consiguiendo con ello, desequilibrar el mercado a su favor. Tal desequilibrio implica un mayor nivel de concentración industrial, que suele ir acompañado de un menor número de oferentes. Claro está, una ventaja competitiva a la que muchos tienen acceso, deja de actuar como tal. Así, lo importante para desequilibrar el mercado no es la existencia de ventajas competitivas, sino poseer ventajas competitivas superiores en relación a la de los demás, es decir, deben existir ventajas competitivas relativas.

Los productores que hayan tenido mayores ventas en el pasado, tendrán una mayor imagen de marca, que se traduce en mayores ventas futuras. De manera que, en nuestro modelo, podemos considerar como ventaja competitiva a todo aquello que haga que un productor obtenga una imagen muy elevada en relación a la competencia, ya sea por haber empezado antes o por aumentarla a un mayor ritmo que los demás. Desde luego, hay diversas formas de conseguir tal cosa, cada una constituye un tipo de ventaja competitiva relativa.

Del modelo emergen tres tipos de ventajas. La primera es ocasionada por una altísima lealtad del consumidor que le otorga al pionero la capacidad para desequilibrar el mercado a su favor antes de que entren competidores. Por ello, este tipo de ventaja es denominada “del pionero”. La segunda es producida por una alta lealtad del consumidor que eleva barreras de entrada a los nichos. Aquellos productores que hayan conseguido entrar primero, disfrutarán de una situación de baja competencia con la que fortalecer su posición. Este tipo de ventaja es denominada “por barreras de entrada”. La última es producida por la existencia de ubicaciones imperfectamente percibidas por los productores. Aquellos que se posicionen en ellas, tendrán acceso a varios nichos simultáneamente, desequilibrando el mercado a su favor a través de unas mayores ventas que sus competidores. Estas ubicaciones privilegiadas son ocasionadas por la intersección de los radios de los consumidores de distintos nichos. Por ello, este tipo de ventaja es denominada “por ubicación”. Lógicamente, este tipo sólo existe si hay más de un nicho y los radios de los consumidores son suficientemente extensos, esto es, cuando la fragmentación de la demanda no es baja y el nivel de exigencia del consumidor es moderado. Como puede observar el lector, las ventajas competitivas –intensidad y tipo– emergen endógenamente en el modelo (en los siguientes epígrafes detallaremos cómo). Debido a que las ventajas competi-

tivas hacen más intuitiva la explicación de la dinámica, optaremos por realizarla en éstos términos.

Es interesante señalar que nuestras ventajas competitivas relativas se forman a partir de parámetros de demanda, a diferencia de la literatura económica convencional (Mowery y Nelson (1999)). Obsérvese que, a pesar de que consideremos –en el modelo– que estos factores son parámetros poblacionales exógenos y constantes, en el mundo real, las empresas tienen capacidad para inducir cambios en éstos y, por ende, influir en las ventajas competitivas que estarán presentes en la industria. Por ejemplo, los parámetros δ –lealtad a la marca– y r –nivel de exigencia del consumidor– se ven claramente influidos por la publicidad¹¹ –marketing comercial–, mientras que α –fragmentación de la demanda– es un parámetro que depende de características sociales, aunque también puede ser modificado vía propaganda¹² –marketing social. Aunque el marketing social se pueda emplear para alcanzar objetivos comerciales, al ser una vía indirecta, suele requerir mucho más tiempo y recursos que el marketing comercial. Puede ser por ello, que la mayor parte del esfuerzo en marketing que hacen las empresas sea de tipo comercial, centrado –principalmente– en influir en δ y –en menor medida– en r .

3.5.2. Estudio de la dinámica asintótica

- *“En un contexto de información imperfecta para los productores, el nivel de exigencia del consumidor arbitra dos tipos de ventajas competitivas que afectan a la estructura industrial que tendrá en la madurez”.*
- *“Concretamente, cuando el nivel de exigencia es alto, emergen barreras de entrada en los nichos de mercado, lo que otorga una ventaja a los primeros que consiguen entrar. La ventaja competitiva por barrera se debilita rápidamente a medida que se reduce la exigencia. Cuando la exigencia es moderada, aparecen ubicaciones privilegiadas imperfectamente percibidas por los productores,*

¹¹El primer objetivo de la publicidad es aumentar la lealtad a la marca, esto es, incrementar δ . Adicionalmente, pueden existir otros objetivos secundarios como modificar el nivel de exigencia del consumidor. En este caso, el sentido de influencia dependerá de la estrategia de comunicación adoptada. Si es una estrategia de diferenciación del producto, se intentará reducir r , mientras que si se pretende atender a segmentos muy heterogéneos, se tratará de aumentarlo.

¹²Dependiendo del objetivo perseguido, será conveniente aplicar estrategias dirigidas a aumentar o a reducir α .

los que allí se ubiquen contarán con una ventaja competitiva por ubicación. Conforme más se reduce la exigencia, mayor es el tamaño de estas áreas. La ventaja competitiva es máxima, cuando el tamaño de estas áreas es tal que uno y sólo uno la explota. Esto provoca que en el asintótico, el número de oferentes sea mínimo y la concentración industrial máxima. A partir de entonces, reducir la exigencia va debilitando la ventaja competitiva por ubicación hasta hacerla desaparecer cuando el mercado se hace global, esto es, cuando la ubicación se vuelve irrelevante”.

- *“Cuanto mayor es la lealtad a la marca, mayor es la ventaja competitiva de los pioneros”.*
- *“Una mayor fragmentación de la demanda, extiende la aparición de la ventaja competitiva por ubicación a niveles de exigencia más extremos”.*
- *“La fragmentación de la demanda influye en la intensidad de las ventajas competitivas que ya estén presentes en la industria”.*

Antes de empezar el análisis, sería conveniente tener una visión general de cómo actúa cada uno de ellos en las variables *proxies*. Las representaciones gráficas 3D pueden ser de gran ayuda, no sólo para crear una intuición del efecto aislado de cada factor, sino de los conjuntos.

La figura 3.4 muestra que los parámetros tienen efectos no lineales. Llama especialmente la atención que niveles moderados en la exigencia del consumidor, produzcan un descenso notable en el número de productores. Sin embargo, la existencia de efectos conjuntos entre las tres variables, impide que se puedan analizar bien cada una de ellas de manera aislada.

No sólo estamos interesados en determinar cómo afectan al número de productores, sino que también consideraremos otras variables *proxies* como el índice de concentración industrial (índice de Herfindahl) o el nivel de adopción.

Por lo general, el índice de concentración industrial se refiere a los mismos aspectos del sistema que el número de productores. La alta concentración industrial nos alerta de la existencia de fuertes ventajas competitivas relativas, las cuales otorgan poder de mercado a quienes las explotan, lo que suele ir de la mano de un menor número de productores. Ambas variables agregadas se complementan, pues son dos narraciones de la misma historia.

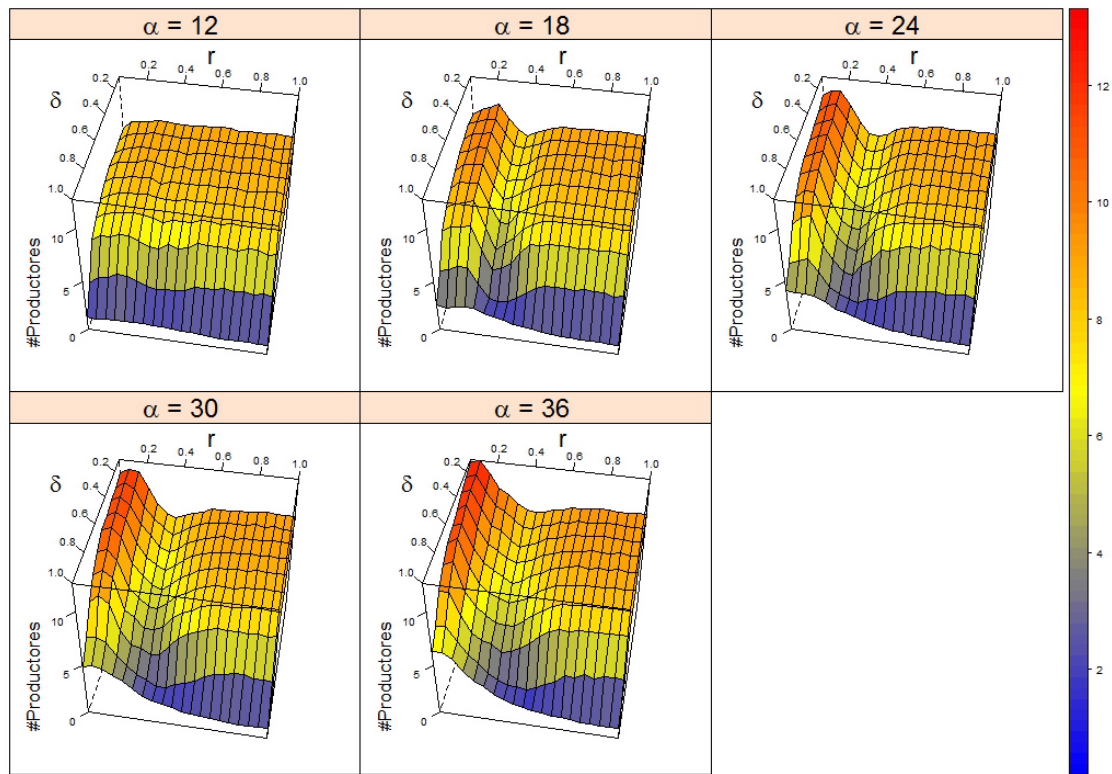


Figura 3.4. Número de productores en función de la lealtad y el nivel de exigencia, para diferentes niveles de la fragmentación de la demanda

La figura 3.5 sirve para hacernos una idea intuitiva y aproximada de cómo afectan los parámetros a la concentración industrial en el estacionario. Se repite el comportamiento altamente no lineal, aunque el hecho de que el índice de Herfindahl sea una variable acotada impide apreciar con claridad el efecto, máxime cuando se trata de figuras 3D. En esta variable también se aprecia la existencia de efectos conjuntos entre los tres parámetros.

La figura 3.6 pone de manifiesto que, en general, el nivel de adopción alcanza aproximadamente el 100 % cuando el sistema llega al estacionario. Es decir, casi todas las industrias –definidas en términos de estos parámetros– alcanzan una saturación cercana al 100 % del mercado potencial en la madurez industrial. Esto se debe a que los consumidores compren, siempre y cuando, haya al menos un productor que satisfaga mínimamente sus deseos. Lógicamente, en el estacionario, los productores ya se han adaptado a las exigencias de la demanda.

Únicamente en situaciones extremas, con una demanda dispersa (α elevado) y

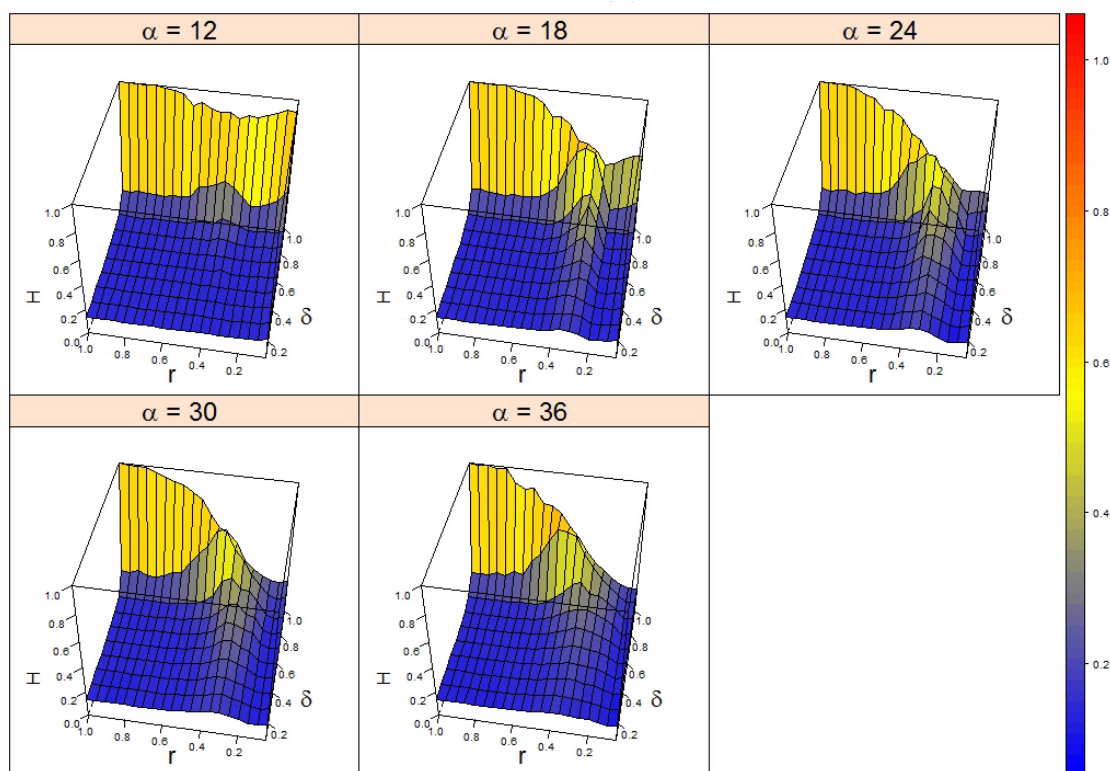


Figura 3.5. Concentración industrial en función de la lealtad y el nivel de exigencia, para diferentes niveles de la fragmentación de la demanda

consumidores exigentes (r pequeño), parte de la demanda no se satisfará $O \ll D$. Un caso límite a tener en cuenta es aquel en el que la oferta sea inexistente. Esto se puede deber a que una demanda extremadamente fragmentada (α muy elevado), no cuenta con ningún nicho representativo y, en consecuencia, los productores no encuentran incentivos para entrar al mercado. Relajar algo la anterior condición posibilita la entrada de algunos, aunque si la exigencia del consumidor –parámetro r – es muy elevada impedirá que permanezcan en el mercado.

Un ejemplo en el que $O \ll D$ lo podemos encontrar en las dificultades de abastecimiento en la industria farmacéutica para el caso de las enfermedades raras, ya que se tiene un r bajo (la enfermedad requiere un producto preciso) y un α alto (son nichos pequeños con necesidades muy específicas¹³).

¹³Hay muchas enfermedades raras, cada una afecta a una parte de la población relativamente pequeña.

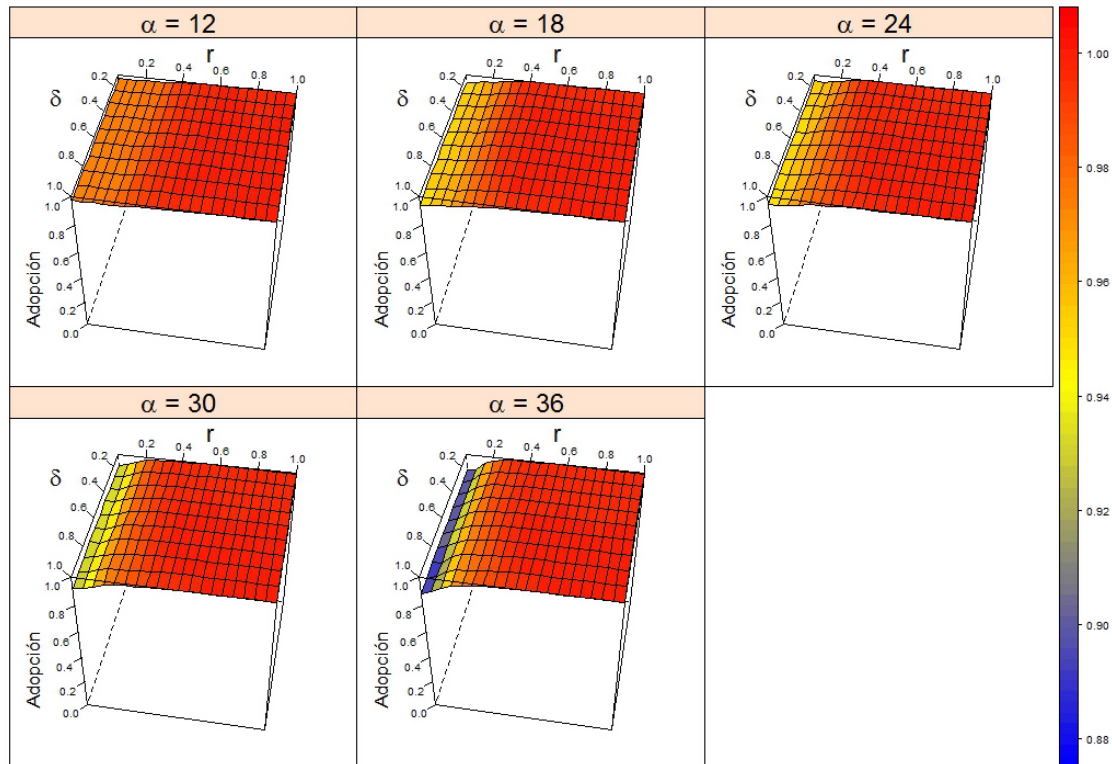


Figura 3.6. Nivel de adopción en función de la lealtad y el nivel de exigencia, para diferentes niveles de la fragmentación de la demanda

Dicho lo anterior, ya tenemos una idea general del comportamiento de los tres parámetros. Las gráficas 3D no dan muchos detalles, de manera que, en presencia de efectos conjuntos, aventurarse a sacar conclusiones a partir de ellas puede ser arriesgado. Salvo en el nivel de adopción, que no hay efectos conjuntos relevantes, pasaremos a analizar gráficas 2D que ilustren mejor los niveles alcanzados en función de los parámetros considerados.

Patrón de r

“El nivel de exigencia del consumidor, arbitra dos tipos de ventajas competitivas. Cuando el nivel de exigencia del consumidor es alto, emergen barreras de entrada en los nichos, cuando es moderado emergen ubicaciones privilegiadas. La ventaja competitiva por ubicación es máxima para niveles moderados de exigencia del consumidor, provocando el mínimo número de productores”.

El modelo sugiere la existencia de un nuevo fenómeno que trae consigo implicaciones teóricas. En una primera línea de pensamiento, se podría considerar que cuanto más exigentes sean los consumidores (menor r), más segmentada estará la demanda, y por tanto, habrá cabida para un mayor número de productores especializados. No obstante, a tenor de la figura 3.7, la intuición se encuentra errada, pues el comportamiento del parámetro r no tiene un comportamiento lineal. Ni tan siquiera su crecimiento es monótono en todo su dominio. Éste tiene gran influencia en todas las variables agregadas, pero entender su relación con el número de productores puede ser de gran ayuda para entender su rol central en el sistema.

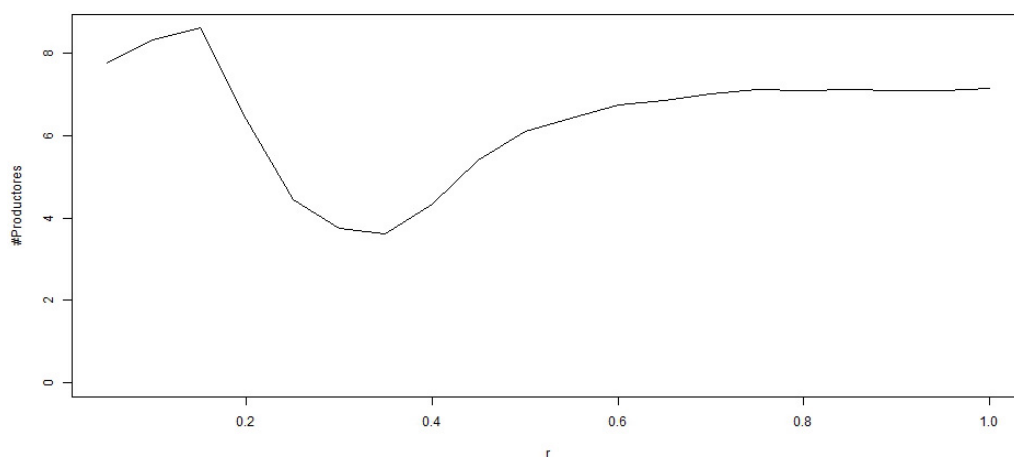


Figura 3.7. Número de productores en función del nivel de exigencia

La relación del parámetro r respecto al número de productores en la industria tiene una primera fase de crecimiento, una segunda de decrecimiento, en la que se alcanza el mínimo, una tercera en la que nuevamente crece y una cuarta en la que se estabiliza. El parámetro r arbitra dos tipos de ventajas que provocan el fenómeno. El primer tipo es debido a la existencia de barreras de entrada en los nichos, mientras que el segundo a la existencia de ubicaciones privilegiadas. Ambas emergen endógenamente en el modelo.

Como la información es imperfecta, el productor no es capaz de satisfacer totalmente las exigencias de su público, de modo que se comete un error sobre la posición de entrada del producto. Esta imprecisión en la entrada hace que sólo los productores que hayan tenido la suerte de entrar cerca del nicho, tengan alguna oportunidad de acercarse antes de quebrar. Esta barrera de entrada al nicho otorga una ventaja competitiva al primero en conseguirlo. Al aumentar el radio en esta fase, se atenúa el

error de entrada, esto es, se reducen las barreras de entrada al nicho, lo que produce un menor desequilibrio y, en consecuencia, pueden permanecer en el mercado un mayor número de productores.

Si se sigue aumentando el radio, empiezan a producirse solapamientos entre los radios de consumidores de distintos nichos, iniciándose la segunda fase. Los que tengan la fortuna de posicionarse en las intercepciones, tendrán acceso a más consumidores que sus competidores, esto es, dispondrán de una ventaja competitiva por ubicación. Esta ventaja competitiva es máxima cuando uno y sólo uno la puede explotar, lo que sucede cuando las áreas de intersecciones son suficientemente pequeñas, a la vez que no demasiado grandes. En tal caso, se alcanza el mayor desequilibrio posible, haciendo que se alcance el mínimo de productores (fin de la segunda fase e inicio de la tercera).

En la tercera fase, empieza a crecer el número de productores nuevamente. Esto se debe a que si se sigue aumentando el radio, cada vez es más probable encontrarse con ventajas competitivas que no son explotadas por un y sólo un productor. Como se puede ver, el crecimiento de la primera fase es de distinta naturaleza al de la tercera. Si se sigue incrementando el radio, se llega a un punto en el que todo el mercado se hace global, haciendo que la ventaja desaparezca completamente (inicio de la cuarta fase).

Tras entender la dinámica subyacente, podemos concluir que la exigencia del consumidor, en cuanto a la satisfacción de sus deseos, produce la emergencia de ventajas competitivas, cuya explotación por parte de algunos productores, les permite desequilibrar el mercado a su favor, provocando una reducción en el número de oferentes de la industria.

El lector puede observar que dos industrias con el mismo número de productores pueden tener su origen en dos realidades muy diferentes, una con consumidores tan exigentes que fuercen a los productores a afinar sus productos en extremo y otra con consumidores tan poco exigentes que lleven a que un producto dirigido a un consumidor representativo sea suficiente.

Durante la primera fase, cuando los consumidores son muy exigentes, coexisten muchos productores. Puede ser éste el caso del vino de alta calidad, donde cada consumidor sabe exactamente lo que quiere, y coexisten muchas bodegas. En la segunda y tercera fase, cuando el consumidor es moderadamente exigente, se caracteriza a

industrias que dirigen su producto a varios nichos a la vez, si bien, no de manera indiscriminada. Puede ser éste el caso de la industria del automóvil de gama media, en la que los fabricantes que sean capaces de contentar simultáneamente a diversos perfiles de consumidores, cuentan con una importante ventaja competitiva, dando lugar a un reducido número de oferentes. La cuarta fase, donde el mercado es global por la baja exigencia del consumidor, caracteriza a industrias que dirigen su producto a todos, sin discriminar las diferencias entre ellos (consumidor representativo/consumidor masa). Éste podría ser el caso de los distribuidores de gasolina, donde los consumidores no son capaces de percibir las diferencias entre los productos ofertados.

Ahora, debemos confirmar que este patrón es provocado por la existencia de ventajas competitivas. Para ello, emplearemos el índice de concentración industrial. La ventaja de emplear este índice es que su valor refleja la intensidad de las ventajas competitivas presentes en el sistema. De confirmarse, esto implicaría que fuese decreciente durante la primera fase, creciente en la segunda hasta alcanzar el máximo, decreciente conforme se desvanece la ventaja competitiva, y constante cuando ésta quedase completamente disuelta (ver más adelante).

Patrón de r matizado por α

- *“Una mayor fragmentación de la demanda, extiende la aparición de la ventaja competitiva por ubicación a niveles de exigencia más extremos”.*
- *“La fragmentación de la demanda influye en la intensidad de las ventajas competitivas que ya estén presentes en la industria”.*

Las figuras 3.8 y 3.9, nos ayuda a entender cuál es la influencia de α en el comportamiento de r . Es claro que hay un efecto conjunto entre ambos parámetros, en el que el comportamiento de r se ve afectado por α . En concreto, la amplitud de la segunda y tercera fase de r es mayor a medida que crece α . Recuérdese que mayores niveles de tal parámetro, producen un mayor número de nichos, los cuales son de menor tamaño, más cercanos entre sí, pero a la vez más extremos, esto es, más dispersos (ver modelo de emulación). Al aumentar la fragmentación de la demanda, debido a la menor distancia entre nichos vecinos, emergen antes las ventajas competitivas por ubicación, adelantando el inicio de la segunda fase. Pero también, debido

a la mayor distancia entre los más alejados, el mercado necesita radios superiores para hacerse global, de manera que la ventaja competitiva por ubicación tarda más en desaparecer y, en consecuencia, se alarga la tercera fase.

La fragmentación de la demanda influye en la intensidad de las ventajas competitivas que ya estén presentes en la industria. La ventaja competitiva por barrera de entrada sólo está presente cuando los consumidores son tan exigentes que cada productor atiende a lo sumo a un nicho. En este caso, una mayor fragmentación de la demanda reduce este tipo de ventajas, debido al menor tamaño de los nichos. La ventaja competitiva por ubicación sólo está presente cuando el consumidor es moderadamente exigente, ya que en dicho caso, surgen ubicaciones privilegiadas que permite atender simultáneamente a varios nichos. Una mayor fragmentación de la demanda hace que los consumidores estén más esparcidos, reduciendo el número de consumidores que se pueden atender desde las áreas privilegiadas, *ceteris paribus*. Sin embargo, el lector debe notar que si la fragmentación de la demanda es baja, todo el mercado se aglutina en un único nicho, de manera que no existirán áreas privilegiadas, y por tanto, tampoco la ventaja competitiva por ubicación. En consecuencia, es la fragmentación moderada de la demanda la que intensifica la existencia de ventajas competitivas máximas por ubicación.

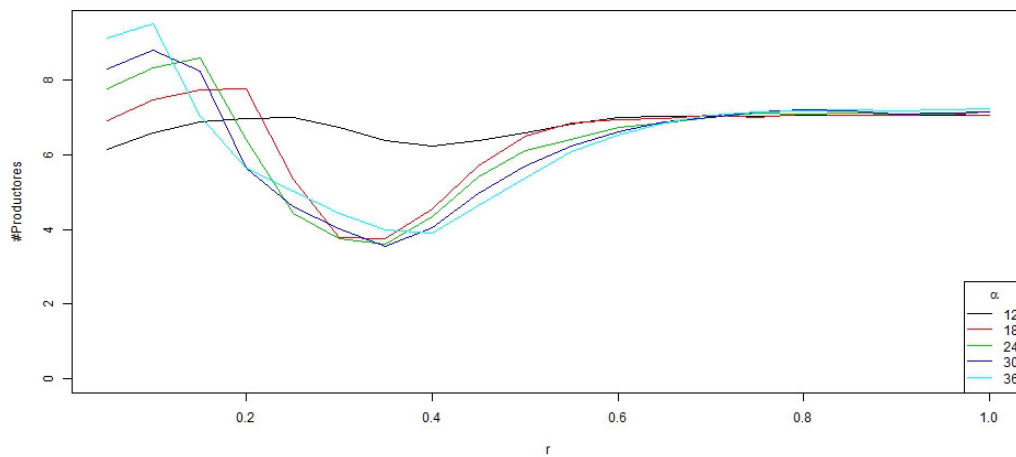


Figura 3.8. Número de productores en función de la exigencia del consumidor y la fragmentación de la demanda

El lector puede observar que la fragmentación de la demanda matiza el patrón que describe r , hasta tal punto, que si es muy baja, éste llega a desaparecer (ver figuras 3.8 y 3.9).

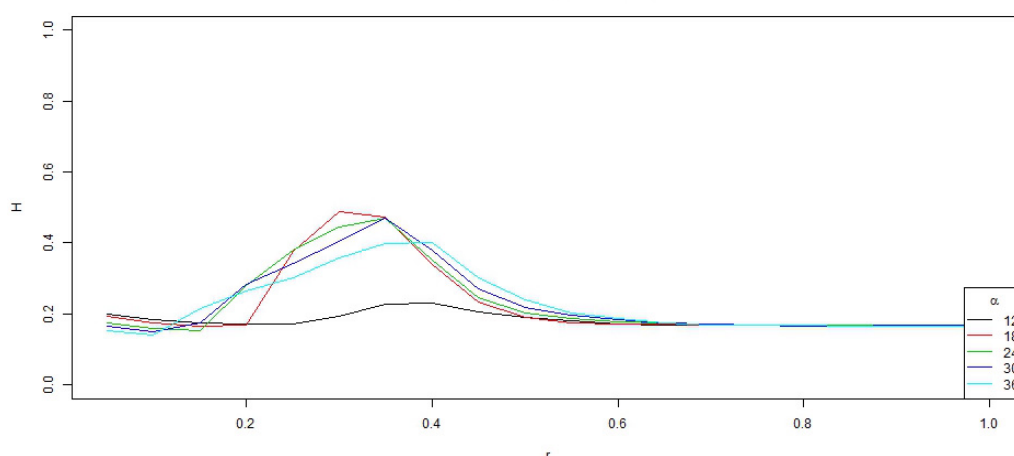


Figura 3.9. Concentración industrial en función de la exigencia del consumidor y la fragmentación de la demanda

Patrón de r matizado por δ

- “Mayor lealtad a la marca otorga una mayor ventaja competitiva al pionero”.
- “Cuando la lealtad a la marca es muy elevada, la ventaja competitiva del pionero es capaz de eclipsar a todas las demás”.

La ecuación que define la decisión de compra del consumidor –vista la formalización del modelo–, pone de manifiesto que una mayor lealtad del consumidor, implica que las imágenes de marca aumenten a mayor ritmo, incrementándose la brecha entre la imagen acumulada del pionero y las de sus seguidores. La figura 3.10 muestra la existencia de un efecto conjunto entre r y δ . Éste, únicamente, se aprecia entre los niveles de $\delta \gtrsim 0.9$ y los demás, al influir, de manera asombrosamente diferente, en el comportamiento esperado de r . El motivo es que, una alta lealtad a la marca, produce que las imágenes de marca crezcan muy rápido, lo que hace que aquel que obtenga, eventualmente, una pequeña ventaja en imagen, tome el control de su zona y termine expulsando a su competencia directa. Con un crecimiento tan elevado, la ventaja competitiva que otorga ser el pionero de una zona, eclipsa a cualquier otra¹⁴. Esto es especialmente drástico conforme aumenta r , pues el mercado se va

¹⁴Esta podría ser la explicación del bajo número de empresas que hay en algunas industrias como la farmacéutica, en la que, al tratarse de un tema tan importante como la salud, se tiene poca confianza en las marcas desconocidas, lo que se traduce en una alta lealtad a las marcas que sí lo son.

haciendo más global, todos se hacen competidores directos, y el productor dominante, habitualmente el pionero, cuenta con una mayor ventaja competitiva global (no sólo para controlar unos cuantos nichos).

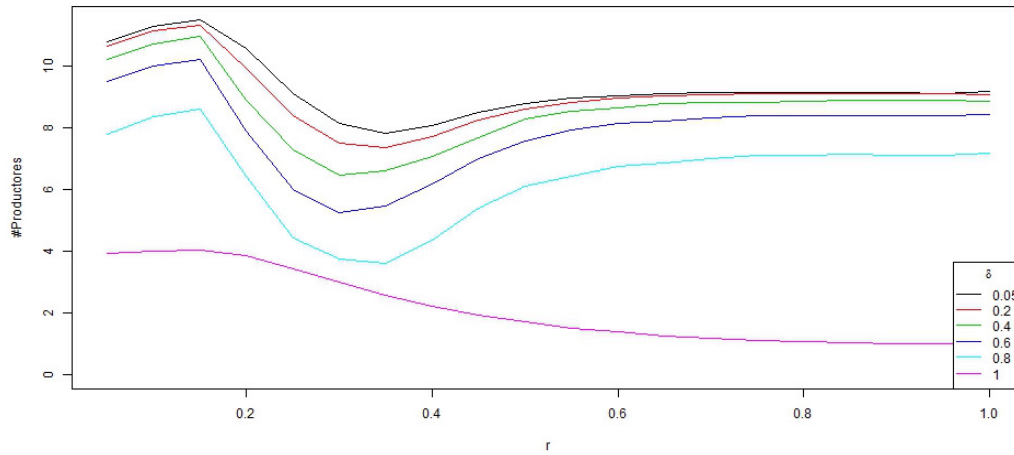


Figura 3.10. Número de productores en función de la lealtad a la marca

El modelo sugiere que una mayor lealtad de marca otorga una mayor ventaja al pionero, lo que tiene el efecto de reducir el número de productores. La alta lealtad a la marca se convierte en una ventaja competitiva capaz de eclipsar a todas las demás, siendo una forma muy atractiva de conseguir poder de mercado. No sólo eso, los esfuerzos en marketing comercial tienen una alta capacidad de influencia sobre éste parámetro, lo que lo hace aún más atractivo. Puede ser por ello, que las empresas –por experiencia propia– hayan aprendido que los esfuerzos en marketing comercial son de suma importancia, haciendo que tengan una predilección especial por esta forma de obtener poder de mercado.

Con el índice de concentración industrial llegamos a la misma conclusión. La figura 3.11 corrobora el comportamiento altamente no lineal de r . Nuevamente, un radio intermedio permite que sólo algunos productores exploten la ventaja competitiva, produciéndose un mayor desequilibrio del mercado, como pone de manifiesto el aumento de la concentración industrial. Claro está, cuanto menor sea δ , menor impacto tienen las ventas pasadas en la imagen de marca, así aunque los privilegiados vendan más, incrementarán más lentamente su imagen y, en consecuencia, desequilibrarán menos el mercado.

Se corrobora también que el comportamiento de r llega a desaparecer cuando la

lealtad a la marca es muy elevada. En este caso, como las ventas futuras dependen de las pasadas, el productor que consiga superar a los demás, aumentará su ventaja con el tiempo, desequilibrando el mercado con facilidad, habitualmente desde las primeras fases del ciclo de vida industrial. Lógicamente, se trata de un caso extremo, pero pone de manifiesto que cuando ciertos parámetros toman valores extremos, pueden diluir el efecto del resto, incluso de aquellos, que en situaciones normales, tendrían un rol dominante en el sistema.

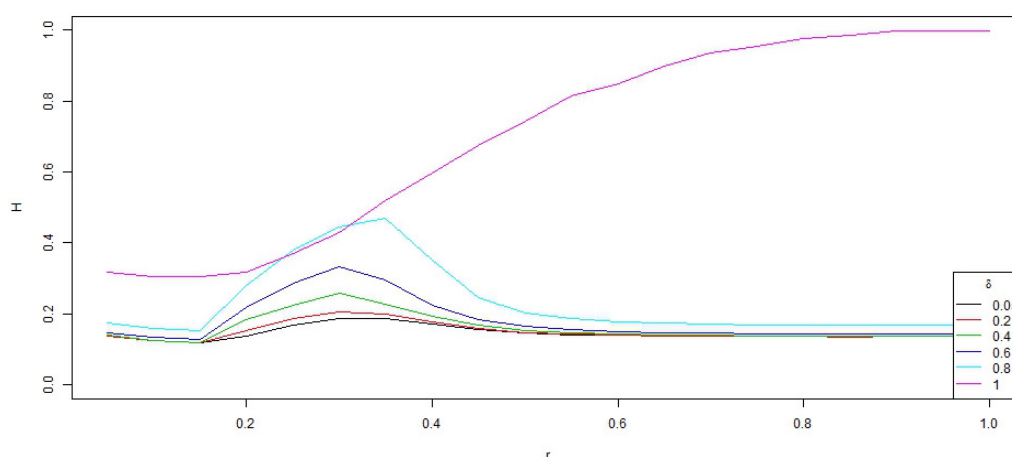


Figura 3.11. Concentración industrial en función de r para distintos valores de δ

3.5.3. Estudio de la dinámica transitoria

“Una baja exigencia del consumidor y/o fragmentación de la demanda retrasan la madurez industrial”.

Hasta el momento, hemos estudiado el sistema en el estacionario. No obstante, hay que advertir que varias líneas de evolución pueden conducir a resultados similares en éste. Por ejemplo, distintas dinámicas en el transitorio pueden alcanzar un nivel de adopción del 100 % en el estacionario, que es la única información que barajábamos en los análisis previos. De esta manera, parece natural estudiar cómo evoluciona el sistema bajo la influencia de los tres parámetros considerados.

Nos centraremos en el transitorio, es decir, en todo el desarrollo de la industria hasta los primeros momentos de su madurez, a fin de que la escala temporal sea adecuada para apreciar el comportamiento en las primeras etapas. En aras de la

simplicidad, consideramos que una industria ha alcanzado la madurez cuando la tasa de adopción Λ , el número de oferentes Π y la concentración industrial H se estabilicen.

La probabilidad de entrada

- *“La probabilidad de entrada está íntimamente relacionada con el ciclo de vida industrial”.*
- *“La probabilidad de entrada crece mientras la demanda está en formación (a veces es imperceptible) y luego, conforme la industria madura, decrece acercándose a cero (aunque no siempre lo alcanza)”.*
- *“Si los consumidores son muy exigentes, la probabilidad de entrada puede ser no nula incluso en la madurez industrial”.*
- *“La fragmentación de la demanda influye principalmente en los primeros instantes del ciclo de vida industrial”.*
- *“Una mayor lealtad a la marca, conduce a una menor probabilidad de entrada que se mantiene incluso en la madurez industrial”.*

La probabilidad de entrada a la industria es, quizás, uno de los mecanismos que más condicionan su evolución, y por ende, el estado del sistema. No la estudiamos en el estacionario, sino en el transitorio, puesto que su principal aportación es antes de que la industria alcance la madurez, ya que después de hacerlo permanece aproximadamente constante.

Las figuras 3.12, 3.13 y 3.14 atestiguan que la probabilidad de entrada está íntimamente relacionada con el ciclo de vida industrial. Como se puede apreciar, aquella no permanece constante, sino que en la etapa de lanzamiento es muy alta, crece un poco, y luego, durante la de desarrollo cae drásticamente conforme los productores van entrando y se van posicionando. El crecimiento inicial (a veces inobservable) se debe a que la demanda aún sigue agrupándose en nichos, lo que hace que la industria sea cada vez más atractiva, *ceteris paribus*.

El lector debe tener en cuenta que los productores que están en la industria, aumentan su imagen de marca con el paso del tiempo, mientras que los nuevos

entran con una imagen de marca constante (determinado por el parámetro K). La probabilidad de entrada se reduce con el tiempo, ya que ésta depende del número de consumidores que espera obtener al entrar, lo cual depende a su vez de la imagen de marca que tiene el nuevo respecto de sus competidores directos.

En la figura 3.12, se puede comprobar que el parámetro r influye en la probabilidad de entrada. Al reducir el radio, es más probable que se encuentren nichos desatendidos, dando lugar a una mayor probabilidad de entrada, pero que igualmente va decayendo hasta eventualmente acercarse a cero. Esto no siempre sucede. Si el radio es muy pequeño, los productores que atiendan a los nichos más reducidos, no siempre alcanzarán la cuota mínima de ventas, dando lugar a que eventualmente desaparezcan y dejen espacio para nuevos competidores, lo que explica que la probabilidad de entrada sea mayor incluso en la madurez industrial.

Nótese que si r es bajo, la probabilidad de entrada al mercado es mayor, aunque en realidad la probabilidad efectiva de atender a un nicho (probabilidad de entrar al mercado con éxito) es menor. Es decir, la probabilidad de entrada es elevada, pero la de salida también lo es. Este puede ser el caso de los cómicos, en el que es difícil saber ofrecer lo que el público quiere y hace que haya un flujo constante de entrada y salida incluso en la madurez.

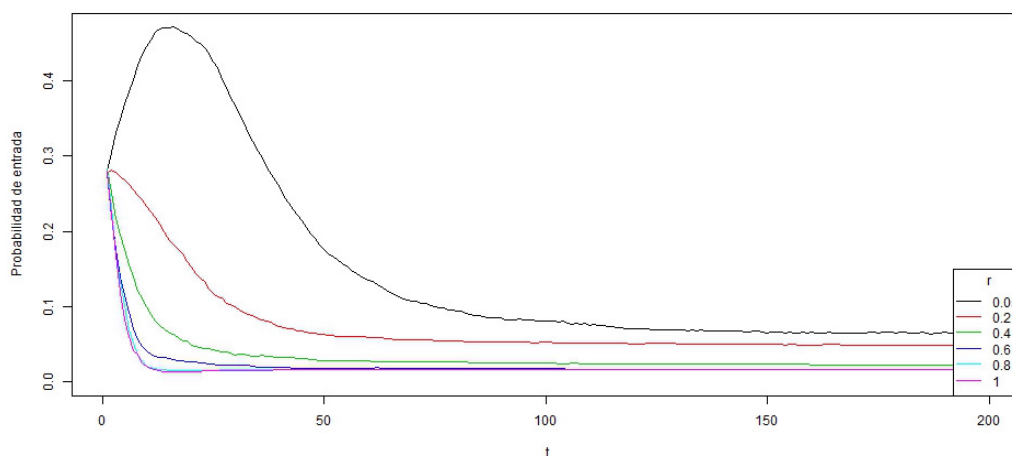


Figura 3.12. Probabilidad de entrada al mercado para distintos niveles de exigencia

A tenor de la figura 3.13, podemos afirmar que la probabilidad de entrada depende de α (fragmentación de la demanda) en el inicio de la industria, siendo más o menos independiente a partir de entonces. Analicemos en mayor detalle la etapa

inicial, cuando aún no hay oferta. Lógicamente, si α es bajo, casi todos los nichos que se forman son representativos, es decir, son suficientemente atractivos como para propiciar la entrada, pero una vez entran los primeros productores, casi todos los nichos son atendidos. Conforme aumenta α , van apareciendo también nichos pequeños que van restando atractivo a la entrada. En extremo, si α fuera tan elevado que no existirán nichos de tamaño representativo, la probabilidad de entrada sería estrictamente nula. No obstante, aunque esto pudiera suceder en industrias muy particulares, no es la norma.

Nótese que las industrias con un bajo nivel de exigencia del consumidor o baja fragmentación de la demanda conducen a mercados globales que provocan, al ser atendidos por los primeros productores, unas probabilidades de entrada anormalmente bajas desde las primeras etapas del ciclo de vida.

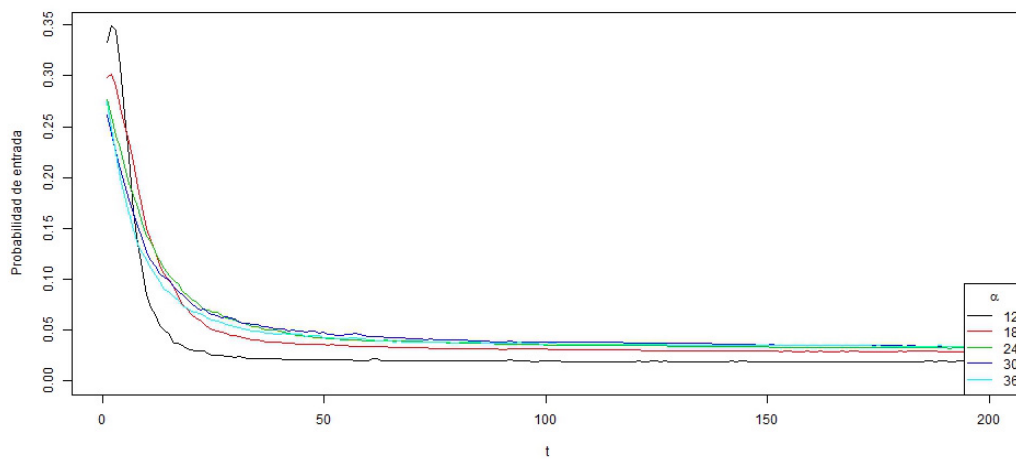


Figura 3.13. Probabilidad de entrada al mercado para distintos niveles de fragmentación de la demanda

La figura 3.14 sugiere que una mayor fidelidad del consumidor, conduce a una menor probabilidad de entrada. Esto es razonable, puesto que si los consumidores son muy leales a las marcas existentes, pocas oportunidades tendrán los nuevos de arrebatarles los suyos. Esta notoria influencia se extiende a lo largo de todo el ciclo de vida industrial, lo que lo convierte en el parámetro que más influye en la probabilidad de entrada.

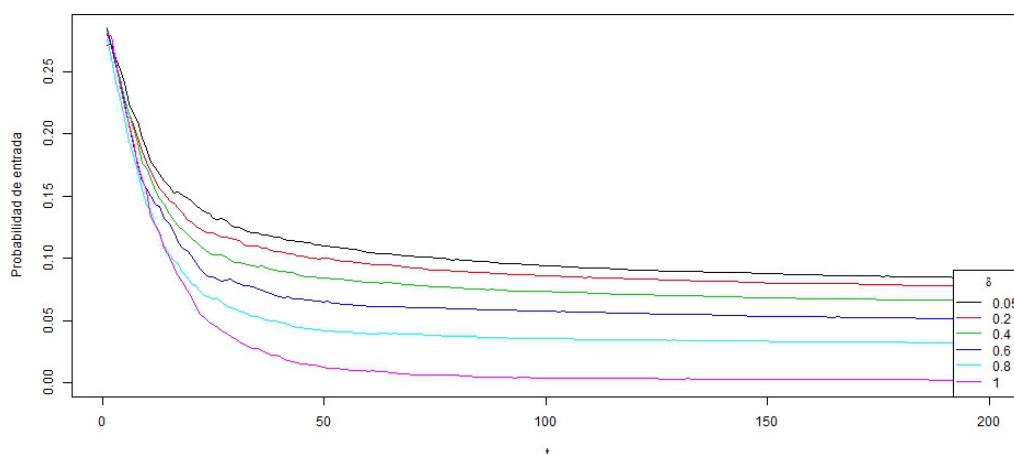


Figura 3.14. Probabilidad de entrada al mercado en función de la lealtad

Nivel de adopción

- “Un mayor nivel de exigencia del consumidor y/o de la fragmentación de la demanda, ralentizan la saturación del mercado”.
- “Ningún parámetro tiene un gran impacto en el nivel en el que se satura la demanda”.

En la figura 3.15 se muestra cómo evoluciona el nivel de adopción Λ en la industria. Como sucede en los sistemas reales, el crecimiento es rápido conforme se avanza en el ciclo de vida industrial. En cambio, algunos parámetros pueden ralentizar la saturación del mercado, o incluso, reducir el nivel de adopción alcanzado por la industria. Si los consumidores son muy exigentes, los productores tardarán más en adaptarse a los deseos de la demanda, el nivel de adopción crecerá más lentamente, y algunos nichos extremos, de poco interés comercial, nunca serán atendidos. En cualquier caso, atendiendo a la escala, el impacto durante la madurez es meramente anecdótico. En el siguiente apartado veremos que un bajo nivel de exigencia del consumidor y/o de la fragmentación de la demanda ralentizan la madurez industrial. Puede parecer contradictorio respecto a lo aquí dicho, sin embargo, no lo es. Aunque ambos parámetros tengan el efecto de estabilizar más lentamente el nivel de adopción, éste es el opuesto respecto de las otras variables agregadas (Π y H). Debido a que estas últimas variables son mucho más lentas que el nivel de adopción, la velocidad de maduración depende de ellas.

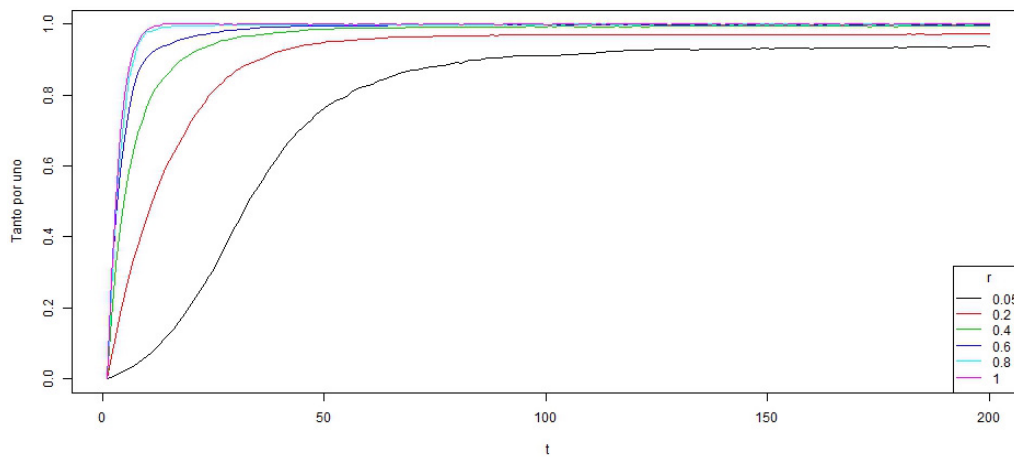


Figura 3.15. Nivel de adopción en función del nivel de exigencia

Tendemos a centrarnos sobremanera en los parámetros que tienen efecto, pero igualmente importante es encontrarse con parámetros que se esperan que lo tengan y que, al final, para sorpresa de todos, no la tienen. Esto sucede con el parámetro δ y el nivel de adopción. Como puede verse en la figura 3.16, el grado de lealtad a la marca que profesen los consumidores no influye en absoluto, ni a la velocidad de adopción ni en el nivel alcanzado. Uno de los objetivos de las campañas de publicidad es el de aumentar la fidelidad de marca o dar a conocer el producto, en cambio, aunque tiene un gran impacto en otros aspectos del sistema, no influye en la velocidad ni en el nivel de adopción de un producto novedoso, lo cual, repetimos, es sorprendente.

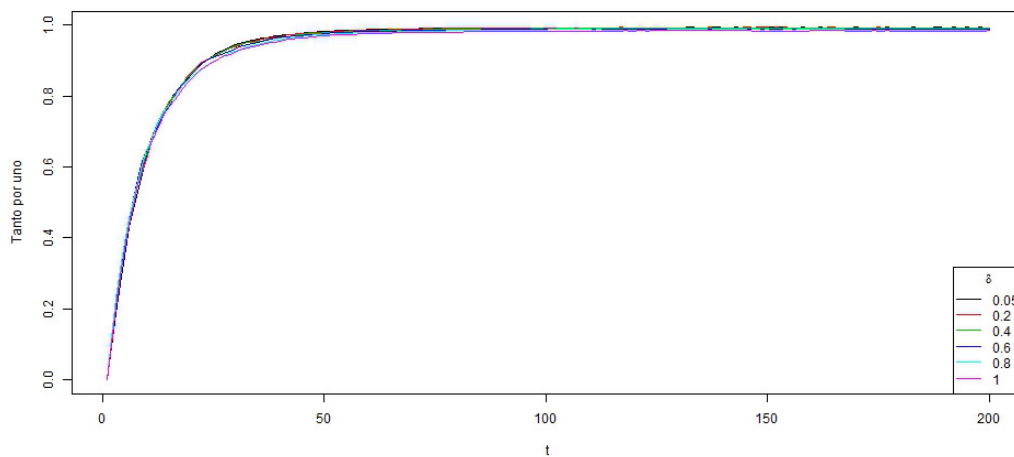


Figura 3.16. Nivel de adopción en función de la lealtad

Al igual que r , el parámetro α , que representa el nivel de fragmentación de la demanda, tiene alguna influencia en la velocidad de difusión, pero a diferencia de aquél, no en el nivel de adopción alcanzado en la madurez (ver figura 3.17). La explicación es simple, una demanda menos fragmentada, que puede ser atendida por un producto más estándar, lleva a una mayor velocidad de difusión.

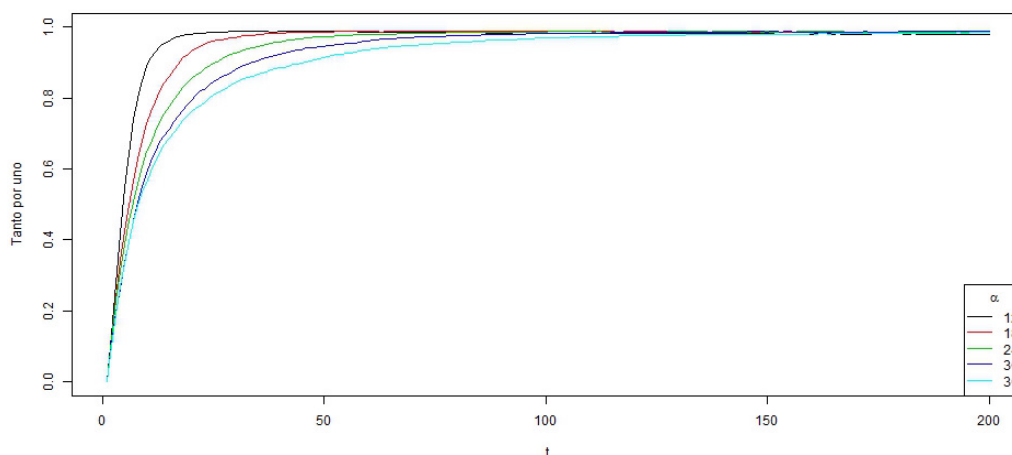


Figura 3.17. Nivel de adopción en función del nivel de fragmentación de la demanda

Número de productores

- “Un bajo nivel de exigencia del consumidor y/o fragmentación de la demanda hacen que el mercado sea global y retrasa que el número de productores se estabilice”.
- “Una misma estructura industrial en la madurez pueden provenir de dinámicas completamente diferentes, lo que enfatiza el hecho de que un estudio en el asintótico no es suficiente, el proceso es fundamental”.

Ahora vamos a centrarnos en cómo evoluciona el número de productores II. Sabido es que depende únicamente de la lucha entre dos variables agregadas, la entrada y salida de éstos. Cuando estudiamos la probabilidad de entrada, se desveló una parte de la historia, que ayudó al lector a hacerse una idea de lo que podemos esperar en este apartado.

La figura 3.18 muestra cómo el parámetro r no sólo influye en el número de productores que tendrá la industria en su madurez, sino también en la velocidad con

la que se alcanza. Como se dijo antes, hay distintas formas de obtener un resultado similar. Por ejemplo, un radio pequeño como $r = 0.2$ y uno enorme como $r = 1$ convergen hacia un resultado similar en el estacionario, sin embargo, queda patente que estamos tratando con sistemas completamente diferentes, con comportamientos muy dispares durante la fase de transición. En realidad no sólo difieren en la forma en la que alcanzan la madurez, sino que además se alcanza la madurez mucho más tarde si los radios son altos. En otras palabras, la industria alcanza la madurez más lentamente si los consumidores son poco exigentes, y casi inmediatamente en caso contrario.

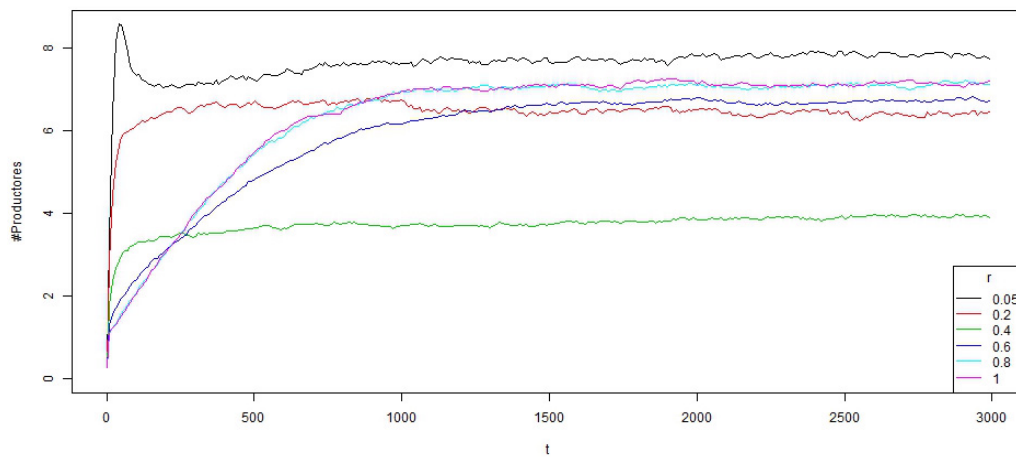


Figura 3.18. Número de productores en función del nivel de exigencia

La variación en la velocidad del ciclo industrial no es lineal. Hay un cambio de fase repentino a partir del cual la velocidad se reduce drásticamente, como evidencia la madurez tardía para $r \geq 0.6$. La explicación la encontramos en la divergencia que se produce entre las expectativas de los productores y la realidad cuando el mercado es global. Si todos los productores pueden acceder a cualquier nicho, se produce una brecha entre los consumidores esperados, que son a los que va dirigido el producto (su *target*) y los que realmente lo compran, que son muchos más. Como los productores entran al mercado basándose en los consumidores esperados, el incentivo es pequeño, por lo que entran poco a poco (con una pequeña probabilidad como evidencia la figura 3.12). No obstante, para su sorpresa, los que entran se encuentran con que realmente tienen muchas más ventas de las esperadas, pudiendo sobrevivir sin ser expulsados del mercado, lo que produce un aumento progresivo de productores como el observado en la figura 3.18.

Realmente, los productores que estaban dentro estaban disfrutando de poca competencia a pesar de no tener ninguna ventaja competitiva real. Por ejemplo, en el caso del sector de hostelería generalista, ocurre a menudo que, aún percibiéndose dificultades antes de entrar en el mercado, éstas resultan ser ilusorias (ver figura 3.18). En realidad, aumenta gradualmente el número de oferentes y la tasa de salida es baja. Como veremos más adelante, la carencia de ventajas competitivas, unida a la falta de poder para evitar la entrada de la competencia, tienen como resultado una bajada gradual del índice de Herfindahl, que unido al aumento del número de productores, describen una estructura industrial cada vez más competitiva (ver figura 3.21).

El parámetro δ depara pocas sorpresas en el transitorio. En la figura 3.19 vemos que el rol del parámetro se limita al estacionario. No hay nada más que añadir que lo ya dicho en el estacionario.

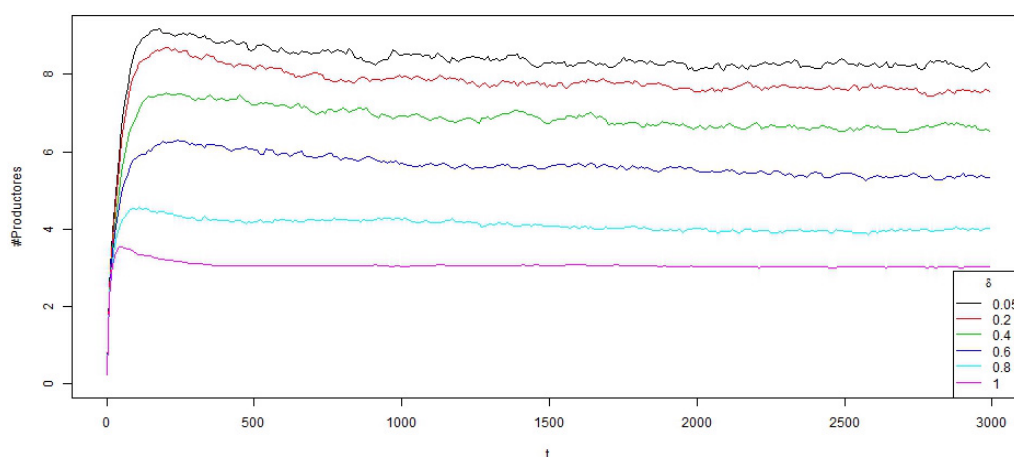


Figura 3.19. Número de productores en función de la lealtad a la marca

La baja fragmentación de la demanda también puede retrasar la fase de madurez, como podemos comprobar al observar la figura 3.20. Se pueden dar casos peculiares e inesperados como que las industrias con demanda poco fragmentada tengan menos productores que otras durante su juventud, aunque más en la madurez (véase el caso de $\alpha = 12$ respecto a las demás).

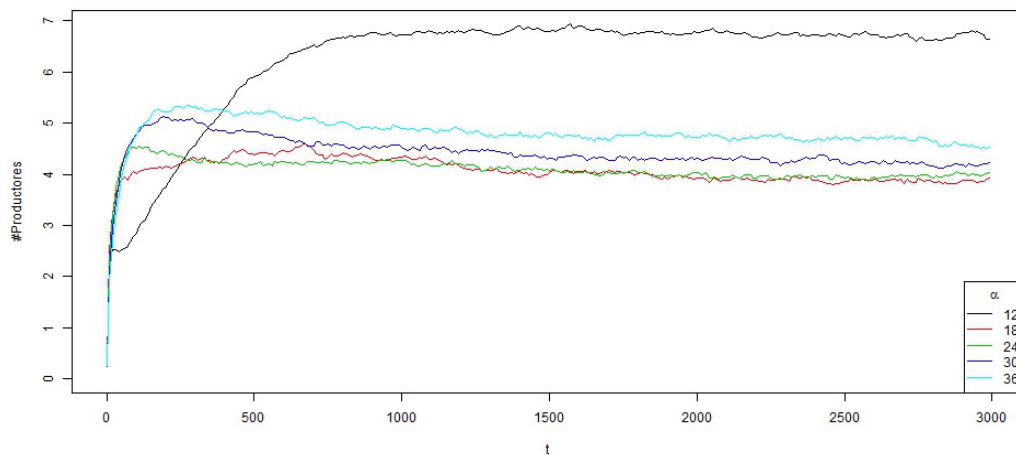


Figura 3.20. Número de productores en función del nivel de fragmentación de la demanda

Concentración industrial

“Un bajo nivel de exigencia del consumidor y/o fragmentación de la demanda hacen que el mercado sea global y retrasa que la concentración industrial se establezca”.

Ahora estudiaremos la evolución del sistema desde el prisma de la concentración industrial (véase la figura 3.21). Recuérdese que para niveles altos de r , se producía un efecto de incremento paulatino del número de productores. Ahora podemos ver que conforme aumenta el número de productores se reduce la concentración industrial. Es lógico, pues para radios altos, la ventaja competitiva queda completamente disuelta y, por tanto, los competidores tardíos tienen la oportunidad de entrar en el reparto en igualdad de condiciones, repartiéndose la cuota de mercado, lo que se materializa en un descenso paulatino de la concentración industrial. Claro está, estos resultados se obtienen porque $\delta \leq 0.9$, en caso contrario estaría presente una fuerte ventaja del pionero que llevaría probablemente al monopolio.

La figura 3.22 no aporta ningún resultado novedoso respecto al estacionario.

La figura 3.23 presenta resultados diferentes al estacionario, aunque esperados. Cuando la demanda está concentrada en un sólo nicho de gran tamaño, el que se ubique en él, tendrá acceso a casi toda la cuota de mercado. Lógicamente, en poco tiempo, entran competidores con los que tendrá que compartir su nicho, y la

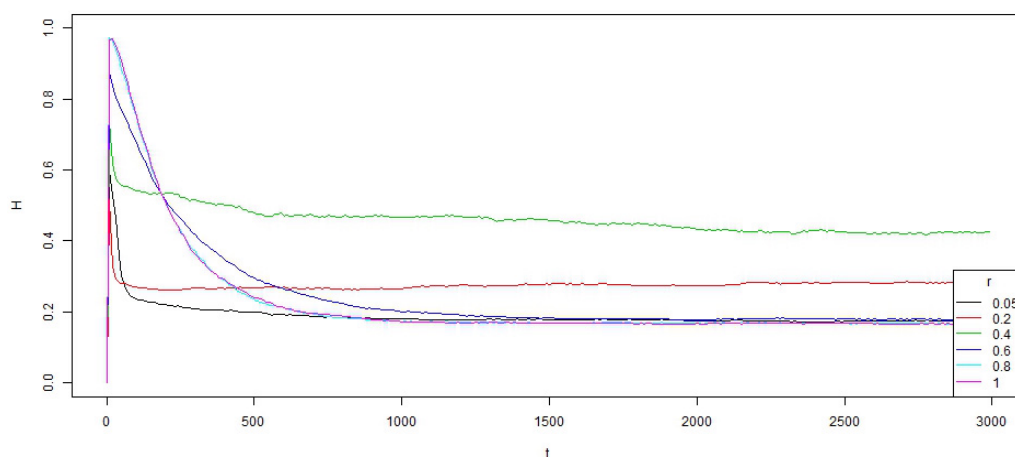


Figura 3.21. Concentración industrial en función de la exigencia

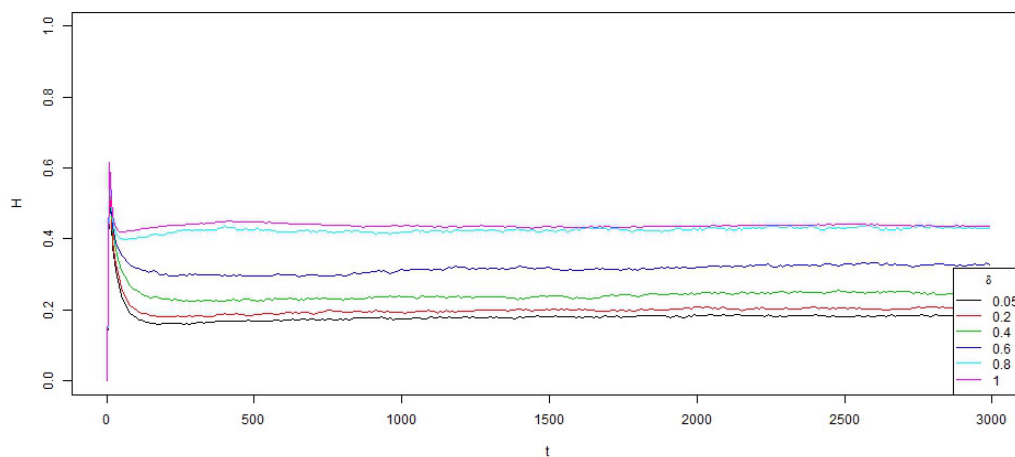


Figura 3.22. Concentración industrial en función de la lealtad

concentración industrial caerá.

El lector ha podido observar que las industrias caracterizadas por una baja exigencia del consumidor y/o baja fragmentación de la demanda alcanzan la madurez más lentamente. Sin embargo, éstas también tienen una propiedad bastante peculiar, son industrias que presentan estructuras menos competitivas de lo normal durante su desarrollo, pero en cambio, más competitivas de lo normal durante su madurez (véanse las figuras 3.18, 3.20, 3.21 y 3.23). Ambos son resultados novedosos y sorprendentes. Futuras investigaciones empíricas podrían corroborarlos.

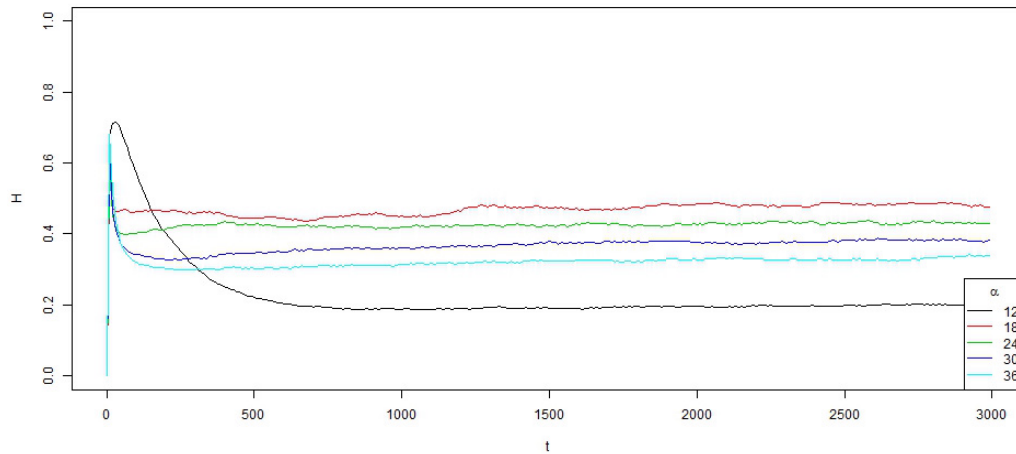


Figura 3.23. Concentración industrial en función de la fragmentación

3.6. Estructuras industriales inducidas por la demanda

“Empleando únicamente tres parámetros del lado de la demanda, el modelo reproduce infinitas estructuras industriales como un continuo, incluyendo las tradicionales de: monopolio, oligopolio con empresa dominante, oligopolio convencional y distintos grados de competencia”.

En el modelo emerge un continuo de estructuras industriales al enfrentar dos variables agregadas –el número de productores y la concentración industrial– que dependen de los parámetros de demanda anteriores (la fragmentación, el nivel de exigencia y la lealtad). De esta manera, factores exclusivamente de demanda son capaces de explicar un número infinito de estructuras industriales, en el que las tradicionales –monopolio, oligopolio con empresa dominante, oligopolio convencional y distintas estructuras de competencia– son incorporadas como un subconjunto del continuo.

3.6.1. Estructuras industriales durante la madurez

“Cuando la demanda está muy fragmentada y la tolerancia es muy baja, la demanda puede quedar parcial o totalmente insatisfecha. Esta estructura industrial atípica puede ser el caso de los fármacos para enfermedades raras”.

Discretizando dicho continuo –con la imprecisión que esto conlleva– vamos a presentar en las tablas 3.6 y 3.7 un breve resumen de las estructuras industriales que emergen del modelo. Las estructuras consideradas, de menor a mayor grado de competencia son: monopolio, transición a monopolio (T), oligopolio con empresa dominante (D), oligopolio convencional (C), competencia y competencia máxima (M). La naturaleza estocástica del modelo impide establecer con precisión cuándo se alcanza el régimen de monopolio, en tanto en cuanto, el número de productores es la media obtenida de numerosas simulaciones. Por ello, simplemente pretendemos ilustrar de forma ordenada que el modelo genera cambios sistemáticos en la estructura industrial de la madurez en función de los parámetros de demanda.

Exigencia	Lealtad		
	Extrema	Alta	Baja
Alta	Oligopolio (C)	Competencia	Competencia (M)
Moderada	Monopolio (T)	Oligopolio (C)	Competencia
Baja	Monopolio	Competencia	Competencia (M)

Tabla 3.6. Estructuras industriales según la lealtad a la marca para diferentes niveles de exigencia del consumidor

Exigencia	Fragmentación		
	Alta	Media	Baja
Alta	Competencia (M)	Competencia	Competencia
Moderada	Oligopolio (C)	Oligopolio (D)	Competencia
Baja	Competencia	Competencia	Competencia

Tabla 3.7. Estructuras industriales según la fragmentación de la demanda para diferentes niveles de exigencia del consumidor

El modelo también logra reproducir una situación industrial que, por ser atípica, ha despertado tradicionalmente poco interés: los mercados sin oferta. El modelo sugiere que dicha estructura aparece como dos casos extremos que pasamos a comentar. El primero se tiene si la demanda está extremadamente fragmentada, en cuyo caso, ningún nicho es representativo, y por tanto, la industria carece de atractivo comercial suficiente para la entrada de productores, con independencia de los demás parámetros. El segundo se tiene si la fragmentación es alta, aunque no extrema, en cuyo caso, pueden entrar productores que sólo sobrevivirán si la exigencia del consumidor no es demasiado elevada. Relajando algo la fragmentación de la demanda y la exigencia del consumidor, se pueden obtener estructuras industriales con oferta considerablemente menor que la demanda (los mercados con oferta reducida).

Obsérvese que, al aplicar el modelo propuesto a una industria particular, condicionada por sus circunstancias y las de la sociedad a la que pertenece¹⁵, el espacio paramétrico factible podría ser sólo un subconjunto del teórico, lo que restringe el comportamiento del sistema, que repercute, entre otras cosas, en que sólo puedan emerger algunas de las posibles estructuras industriales. Un ejemplo ilustrativo de ello se encuentra en la industria farmacéutica, en la que la aversión, por parte del consumidor, a arriesgar la salud, lleva a que no tenga sentido considerar niveles de exigencia reducidos, lo que trae consigo que sólo puedan emerger algunas de las estructuras industriales.

El modelo sugiere unas recomendaciones empresariales derivadas de estos resultados que conviene señalar. Si bien influir en la lealtad a la marca y en el nivel de exigencia del consumidor mediante marketing comercial es mucho más fácil y rápido, no se debe olvidar que la fragmentación de la demanda puede ser crucial, sobre todo cuando los consumidores tienen niveles de exigencia moderados respecto al producto en cuestión. En este sentido, el marketing social debe ser un complemento inseparable del comercial si se quiere ser efectivo.

3.6.2. Evolución temporal de la estructura industrial

“Una misma estructura industrial en la madurez pueden provenir de dinámicas completamente diferentes, lo que enfatiza el hecho de que un estudio en el asintótico no es suficiente, el proceso es fundamental”.

Las industrias no suelen mantener la misma estructura de mercado a lo largo de todo el ciclo de vida, sino que ésta evoluciona desde el monopolio ejercido por el pionero hacia otras estructuras industriales que, en general, dependen de las características de cada mercado. Nuestro estudio se centra en tres factores que caracterizan el lado de la demanda y sus efectos sobre la evolución del mercado.

Como hemos comentado anteriormente, casi todas las evoluciones industriales generadas por diferentes zonas del espacio paramétrico, inician su vida con un monopolio (controlado por el pionero), que debido a la entrada progresiva de competidores, se va transformando en estructuras de creciente nivel competitivo (mayor número

¹⁵Económicas, sociales y culturales.

de competidores y/o menor concentración industrial). Este proceso continúa hasta alcanzar la estructura que, según las características de la industria, emergerá en la madurez (ver sub-apartado anterior). Esta es la evolución temporal típica de la estructura industrial.

No obstante, determinados rangos paramétricos pueden conducir a evoluciones atípicas de la estructura industrial, es decir, a líneas evolutivas que no esperamos obtener si tenemos en cuenta la estructura en la madurez. Esto sucede cuando el nivel de exigencia es tan alto que el mercado se hace global o cuando la fragmentación de la demanda es tan baja que se produce un único nicho. Ambas son formas de obtener un mercado global, ya sea porque el producto sea homogéneo o porque los consumidores lo perciben como tal. En ambos casos sucede lo mismo. Inicialmente la industria presenta una estructura menos competitiva de lo esperado, aunque al alcanzar la madurez la estructura se vuelve incluso más competitiva de lo normal. Esto es producido por una madurez tardía, que implica que las estructuras industriales vayan evolucionando más lentamente hacia estructuras de mayor competencia (ver el estudio de la dinámica en el transitorio para más detalles). De esta manera, la baja exigencia y/o la baja fragmentación de la demanda fomentan la competencia durante la madurez, aunque tiene el efecto opuesto durante las primeras fases del ciclo de vida industrial.

Por otra parte, los mercados sin oferta también pueden llevar a evoluciones atípicas. Cuando la fragmentación de la demanda es extremadamente alta, no entran productores, de manera que la estructura industrial no evoluciona y el mercado permanece sin oferta. Sin embargo, cuando se reduce un poco la fragmentación de la demanda, entran algunos productores, aunque si el nivel de exigencia es muy alto, serán rápidamente expulsados del mercado. Esta permanencia temporal, lleva a una evolución errática de la estructura industrial que fluctúa a su antojo entre el monopolio del pionero, el oligopolio (cuando coexisten varios productores antes de ser expulsados) y el mercado sin oferta.

3.7. Validación empírica

“Uno de los patrones diagnosticados teóricamente –pese a parecer un artificio del sistema– es hallado empíricamente en la industria”.

El comportamiento altamente no lineal de r es uno de los resultados teóricos más inesperados del sistema. Respecto al número de productores, tiene una primera fase de crecimiento, una de decrecimiento donde se alcanza el mínimo, una tercera de crecimiento y una final en la que se mantiene constante (véase la figura 3.7). El hallazgo más relevante es que el mínimo número de productores se obtiene para niveles moderados de exigencia del consumidor. Respecto de la concentración industrial, el comportamiento es el opuesto, se tiene una primera fase de decrecimiento, seguido de una de crecimiento en la que se alcanza el máximo, una tercera de decrecimiento y una final de estabilización (considérese la figura 3.9 para un valor fijo de α).

Estos patrones diagnosticados teóricamente son desconocidos hasta la fecha, pudiendo parecer un artificio del modelo. Encontrarlos empíricamente en las industrias reales, supondría un paso adelante en la validación empírica de la dinámica propuesta.

En esta sección buscaremos evidencias empíricas que corroboren si estos comportamientos del nivel de exigencia del consumidor están presentes en industrias reales. Debido a que el modelo propuesto es teórico, muchas de los parámetros considerados en él, como el nivel de exigencia del consumidor, son, en el mundo real, variables ocultas o de difícil acceso. Debido a lo cual, necesitaremos alguna variable *proxy* para trabajar con ella indirectamente. Consideramos que el precio puede ser una buena variable *proxy* para estimar el nivel de exigencia. Los precios altos se corresponden con una alta exigencia, mientras que los precios bajos con una baja exigencia, de manera que empleando esta variable *proxy*, la lectura del patrón es de derecha a izquierda.

Cuando consideramos una industria real, puede que sólo se desarrolle parte del comportamiento observado teóricamente. Por ejemplo, puede que sólo haya consumidores de un alto nivel de exigencia, desarrollándose sólo la primera fase de la curva. El dominio puede quedar incluso más restringido si las muestras a las que se pueden acceder están siempre sesgadas, en cuyo caso, el patrón irá acompañado de ruido.

Consideramos la industria vinícola para el estudio empírico. La elección no es accidental, esta industria tiene una serie de propiedades que la hacen idónea. En primer lugar, el vino es una actividad de consumo discrecional, donde la emulación juega un papel relevante. En segundo lugar, los consumidores, conforme consumen, apren-

den a cultivar sus gustos (*learning-by-consuming*), esto es, aprenden a distinguir y valorar con mayor precisión las características de cada vino¹⁶. Los consumidores más especializados, más cultivados, al saber con mayor precisión lo que buscan, son más exigentes. Esta faceta del vino hace que haya perfiles de consumidores en todo el dominio teórico del parámetro r , lo que es algo poco común en otros bienes. En tercer lugar, hay una alta relación entre el nivel de exigencia del consumidor y el precio. Los consumidores más exigentes, no se conforman con cualquier vino, buscan unas propiedades muy específicas, revelando su disposición a pagar mayores sumas (discriminación de precios de tercer grado¹⁷). En cuarto lugar, es un bien conocido internacionalmente, otros productos de ámbito más local serían menos ilustrativos. En quinto lugar, debido a que el patrón buscado es en el estacionario, la industria en cuestión debe estar en su madurez, como es el caso de la vinícola, que disfruta de una larga trayectoria internacional. En sexto lugar, el ciclo de compra es corto, lo que hace que tenga sentido asumir, como se hace en el modelo, que cada individuo se haya enfrentado al proceso de decisión de compra en un sinnúmero de ocasiones. En último lugar, la oferta de esta industria está formada por un gran número de variedades de un mismo producto, otorgando representatividad muestral. Como se puede apreciar, aunque se podrían haber considerado otras industrias, la vinícola es especialmente interesante.

Los datos del estudio proceden del panel de detallistas de la empresa Nielsen. La muestra que emplearemos consta de 400 referencias, con el precio medio y volumen total de ventas para cada una, abarcando el 99.9 % de las referencias más vendidas en medianas y grandes superficies en un año dado.

Agrupamos los vinos según su precio en un número fijo de intervalos, cada uno con aproximadamente la misma cantidad de ventas, debido a que las referencias de un mismo precio se tratan en bloque, es decir, se consideran todas en el mismo intervalo. Si consideramos 10 intervalos, el primero es el que aglutina aproximadamente el 10 % de las ventas con precios más bajos. Al igual que en el modelo teórico, nos quedamos con las referencias representativas, es decir, las que tengan al menos un 5 % de las ventas de su intervalo. El número de intervalos considerados para discre-

¹⁶La industria vinícola cuenta con una gran comunidad de expertos que también ayuda en este sentido.

¹⁷Se establecen precios más altos, no tanto porque el coste sea mayor, que también, sino porque va dirigido a un perfil distinto de consumidor, uno que está dispuesto a pagar más.

tizar la variable precio viene dado por dos criterios bien conocidos en Estadística: $\log_2(n)$ ó $\sqrt[3]{n}$ siendo $n = 400$ el tamaño muestral.

A continuación mostramos el patrón obtenido empíricamente para 7, 8 y 9 intervalos, aunque es robusto respecto al número de intervalos seleccionados y al umbral de representatividad. Los rasgos generales del patrón, leído de izquierda a derecha, son obtenidos en todos los casos¹⁸.

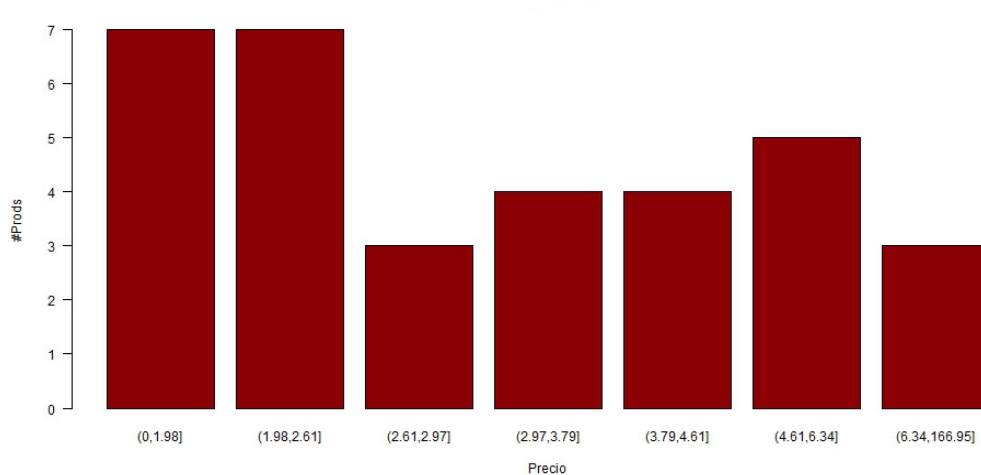


Figura 3.24. Número de productores para 7 niveles de precio

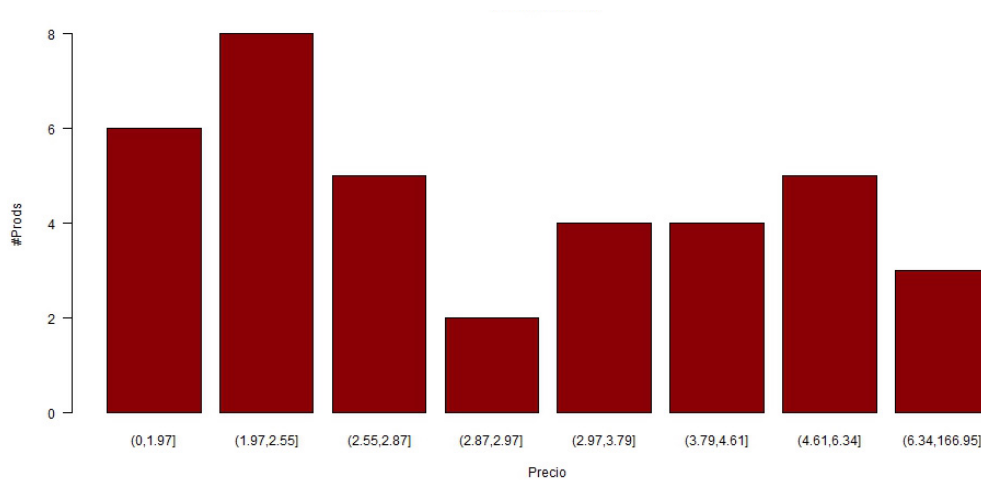


Figura 3.25. Número de productores para 8 niveles de precio

¹⁸Nótese que los tramos iniciales y finales pueden sufrir alguna desviación respecto del comportamiento teórico esperado, debido a que estos perfiles del consumidor no están completamente representados en la muestra. Los consumidores muy poco exigentes o muy exigentes no suelen comprar vino en medianas y grandes superficies.

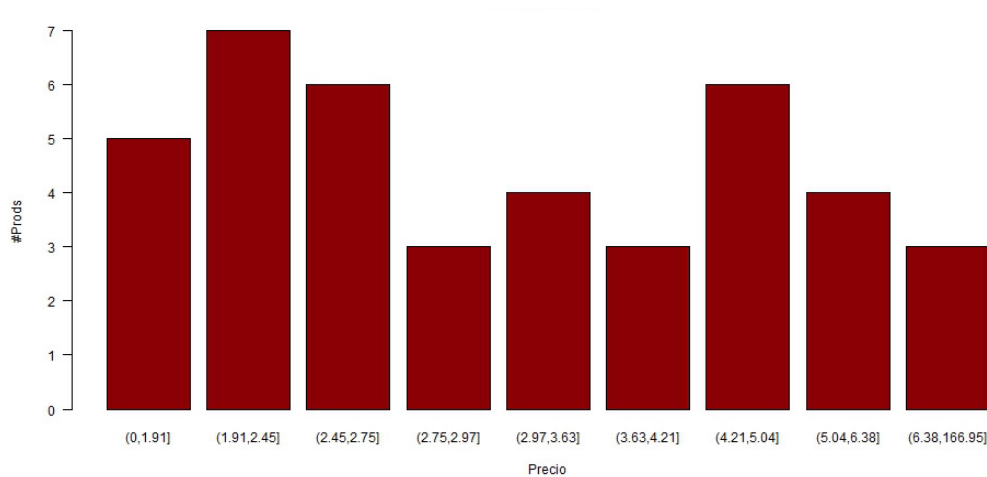


Figura 3.26. Número de productores para 9 niveles de precio

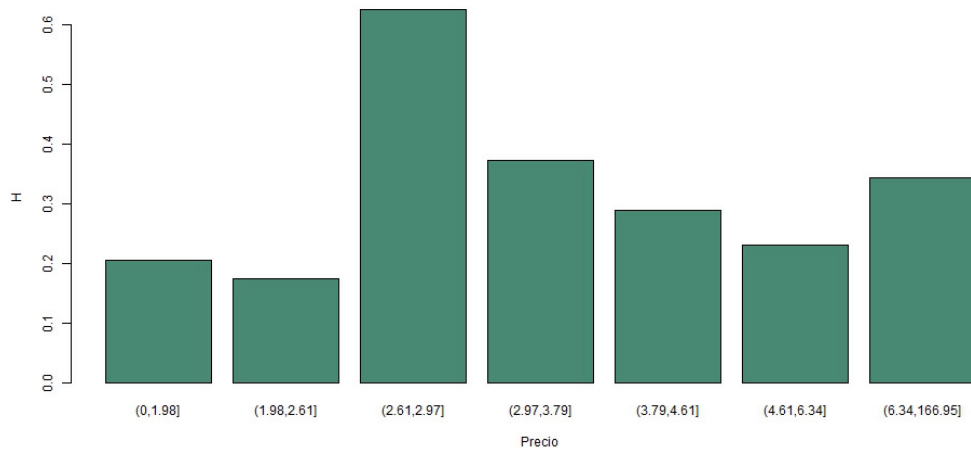


Figura 3.27. Concentración industrial para 7 niveles de precio

Se observa que, en el número de productores se tiene un decrecimiento al pasar de una exigencia baja a moderada, situación en la que se alcanza el mínimo, seguida de un crecimiento al pasar de moderada a alta y finalizando con un decrecimiento al pasar de alta a muy alta (ver figuras 3.24, 3.25 y 3.26). En la concentración industrial se tiene un crecimiento de baja a moderada, alcanzándose el máximo, seguida de un decrecimiento de moderada a alta y finalizando con un crecimiento suave de alta a muy alta (ver figuras 3.27, 3.28 y 3.29). Estos resultados ponen la primera piedra de la búsqueda empírica del patrón, futuros trabajos que lo corroboren en otras industrias pueden resultar de gran interés.

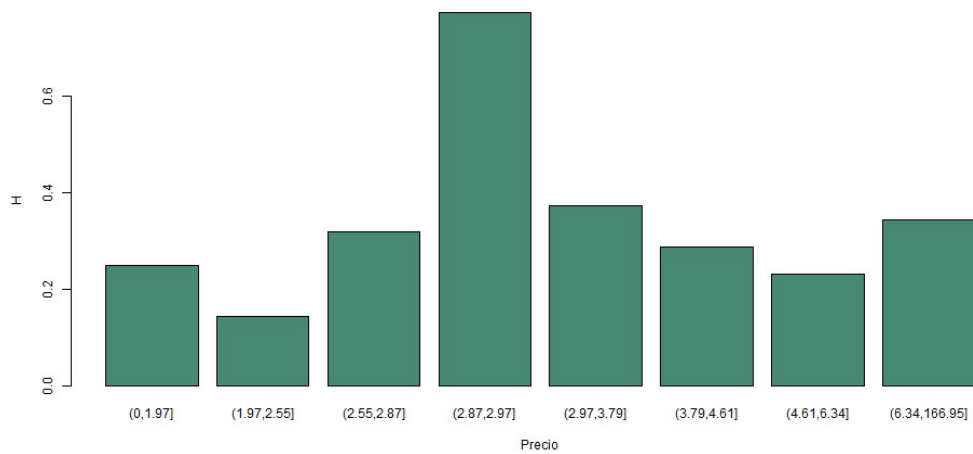


Figura 3.28. Concentración industrial para 8 niveles de precio

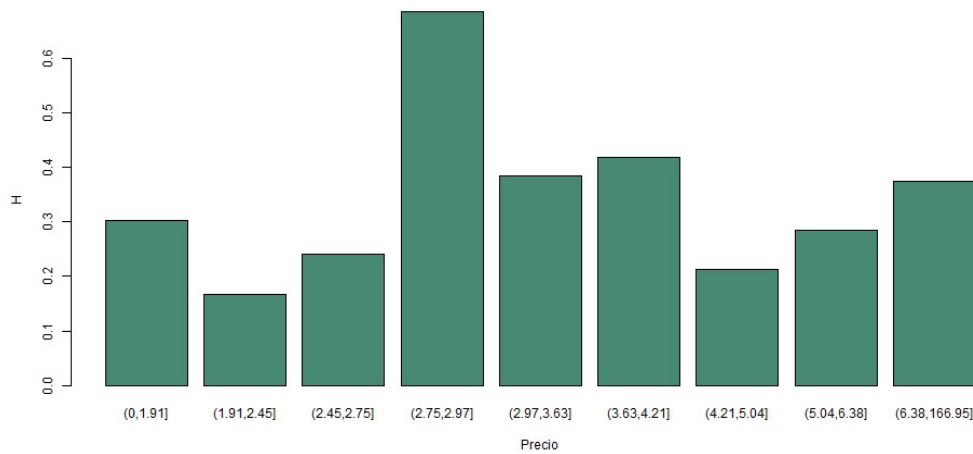


Figura 3.29. Concentración industrial para 9 niveles de precio

3.8. Patrones emergentes

“El modelo es capaz de reproducir un elevado número de patrones industriales, lo que supone una validación teórica de su dinámica”.

Un hecho estilizado es un patrón a nivel agregado o propiedad que se observa en la realidad socio-económica. Un modelo, como representación abstracta de la realidad, debe tener en cuenta la evidencia empírica para reflejar la realidad y poderlo considerar válido. Hay dos formas de incorporarlos: como *inputs* (hipótesis) o como *outputs* (resultados). Nuestro modelo sigue la filosofía KISS (“mantenlo lo más simple posible”), de manera que el número de hipótesis es reducido. Uno de los

aspectos más novedosos de nuestro modelo es que incorpora como *outputs* muchos de los hechos estilizados que tradicionalmente han sido considerados como *inputs*, lo que aporta una mayor potencia descriptiva.

Reproducir patrones observados en la industria y que no han sido incorporados en las especificaciones del modelo, es una forma de validar la dinámica del sistema. A este método se le conoce como validación teórica. La primera parte de esta sección se encarga de comentar un total de 14 patrones conocidos que el modelo consigue reproducir. La segunda señala nuevos condicionantes para 4 patrones ya conocidos. En la última, se comentan 2 –en realidad 3– patrones teóricamente diagnosticados por el modelo y que hasta entonces eran desconocidos. Uno de ellos, ya ha sido encontrado empíricamente en la industria (ver la sección de validación empírica). Estas dos últimas partes, abren las puertas a futuros trabajos empíricos que corroboren, maten y complementen el trabajo teórico aquí realizado.

3.8.1. Validación teórica basada en reproducir patrones conocidos

La dinámica propuesta reproduce muchos de los patrones documentados en la literatura, otorgando plausibilidad al modelo. Pasamos a comentar algunos de ellos.

- **“El tamaño de las empresas sigue una distribución sesgada a la derecha”** (véase Bottazzi et al. (2003); Bottazzi y Secchi (2005); Dosi (2007)). El patrón hace referencia a la distribución del tamaño de las empresas que sigue una industria en un instante cualquiera. Debemos seleccionar una variable *proxy* que sea observable en el modelo y que pueda medir el tamaño de las empresas. De ahora en adelante, cuantificamos el tamaño de las empresas según su cuota de mercado, que es una variable continua acotada en $[0, 1]$. De esta manera, el objetivo es determinar si la cuota de mercado s sigue una distribución sesgada a la derecha. Como la distribución puede no ser estable durante las primeras etapas del ciclo de vida industrial, nos centramos en la madurez de la industria (el estado asintótico desde el punto de vista del modelo). En la figura 3.30 aparece la probabilidad de que una empresa tenga un tamaño dado para distintos puntos temporales de la madurez industrial. Claramente, el tamaño de las empresas sigue una distribución sesgada a la derecha, a pesar

de que no hemos considerado productores “*dummies*”, es decir, aquellos que tienen una cuota de mercado no representativa ($share < 0.05$). Señalar que este patrón se opone a la existencia de un tamaño óptimo, esto es, a la idea intuitiva de que las distribuciones empíricas deben fluctuar alrededor de un tamaño óptimo (en línea con Dosi (2007)).

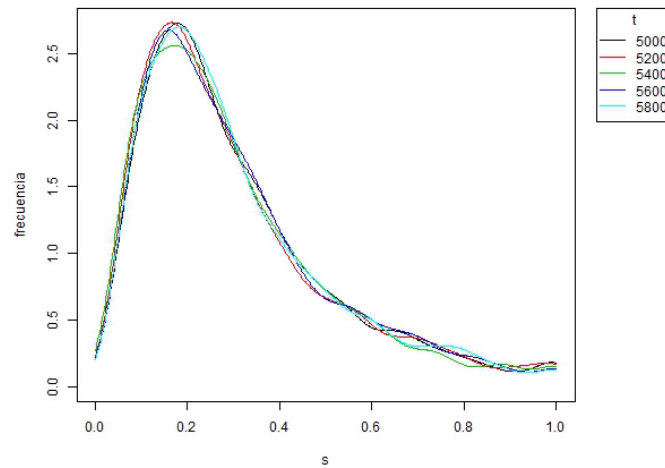


Figura 3.30. Distribución del tamaño de las empresas para una industria madura en distintos momentos

- **“Hay diferencias significativas entre sectores respecto a la concentración industrial”** (véase Bottazzi et al. (2003); Dosi (2007)). Utilizamos el índice de Herfindahl H para cuantificar la concentración industrial. La figura 3.5 indica que los valores de los parámetros ejercen una influencia notable en la concentración industrial en la etapa de la madurez, lo que implica que los efectos son persistentes. Como cada industria está caracterizada por unos determinados valores de los parámetros, esto equivale a decir que diferentes industrias pueden alcanzar distintos grados de concentración industrial.
- **“Las firmas más pequeñas crecen más rápido”** (en Lotti et al. (2003) se hace una selección de más de 15 estudios empíricos que avalan esta afirmación). Al igual que antes, cuantificamos el tamaño de la empresa en un momento t por su cuota de mercado $s(t)$ y su crecimiento por $\Delta s(t) = \frac{s(t+1)-s(t)}{s(t)}$, que, de aquí en adelante, es supuesto no negativo. Nótese que para los valores bases del vector de parámetros, el inicio de la madurez empieza para $t < 100$, ya que el nivel de adopción y el número de productores están cerca de sus respectivos máximos. Debido a que queremos contemplar todas las etapas del ciclo de

vida industrial, estudiamos este patrón para $t \leq 200$. En la figura 3.31 se pone de relieve que a mayor tamaño de la empresa, menor crecimiento medio. Una consecuencia de lo anterior, es que no se cumple la ley *Gibrat*, que afirma que la tasa de crecimiento y el tamaño de la empresa son independientes. Estudios empíricos encuentran evidencia en contra de tal ley (véase Evans (1987); Dosi (2007)).

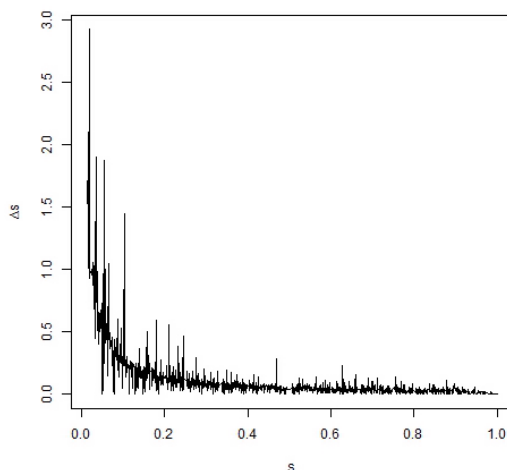


Figura 3.31. Crecimiento medio en función del tamaño del productor

- **“A mayor tamaño, menor variabilidad en la tasa de crecimiento”** (existe evidencia robusta de ello, por ejemplo, Evans (1987); Dosi (2007)). Medimos la variabilidad (dispersión) en la tasa de crecimiento como la varianza de los crecimientos que experimentan los productores según su tamaño. En la figura 3.32 se ve cómo a mayor tamaño del productor, menor es la variabilidad del crecimiento, es decir, más estables se vuelven. No obstante, a partir de cierto tamaño, la variable es irrelevante, ya que las empresas grandes estabilizan sus crecimientos a una tasa cercana a cero.
- **“A mayor tamaño, menor probabilidad de quiebra”** (véase Evans (1987)). Analizaremos con qué probabilidad quiebran las empresas, determinando así, si el tamaño de la empresa influye en la probabilidad de supervivencia. Deben hacerse algunas consideraciones. En primer lugar, si considerásemos un horizonte temporal de 200 periodos, puede que no sea suficiente para que quiebren aquellas que están destinadas a hacerlo, por ello, extendemos el horizonte temporal de estudio hasta el periodo 3000. En segundo lugar, no consideraremos

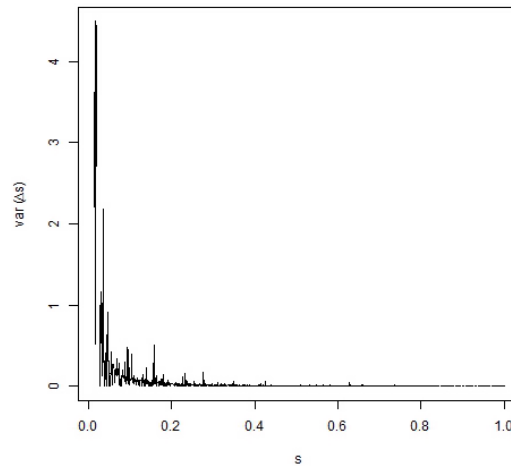


Figura 3.32. Variabilidad del crecimiento en función del tamaño del productor

aquellos productores que permanezcan en el mercado menos de la esperanza de vida que tendría uno que no vendiera nada en ningún periodo, puesto que su estancia en el mercado se debería al azar, en vez de a la dinámica del sistema. En último lugar, no consideraremos aquellos productores que no hayan quebrado al finalizar la simulación. En la figura 3.33 se observa que casi la totalidad de quiebras, se producen para empresas pequeñas.

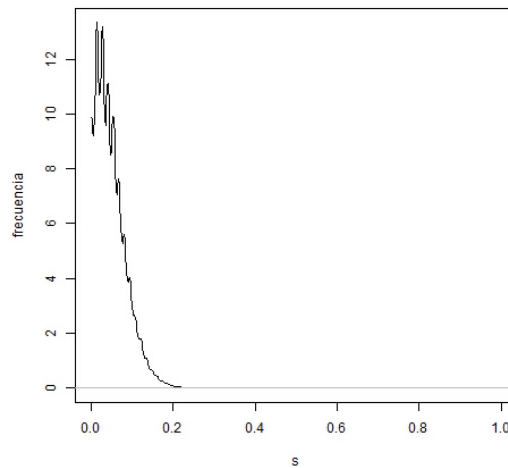


Figura 3.33. Probabilidad de que una empresa quiebre dado su tamaño

- **“Las empresas más longevas crecen menos”** (véase Evans (1987); Dosi (2007)). En la figura 3.34 plasmamos el crecimiento que experimenta cada productor según el tiempo que lleva en el mercado. Como podemos apreciar,

a mayor edad, menor tasa de crecimiento, si bien, a partir de cierta edad, la variable es casi irrelevante.

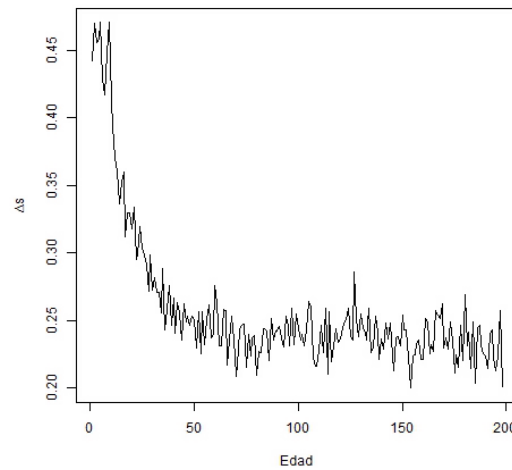


Figura 3.34. Crecimiento medio según la edad de la empresa

- **“Las empresas más longevas presentan menor variabilidad en las tasas de crecimiento”** (véase Evans (1987); Dosi (2007)). En la figura 3.35 se puede observar la existencia de una relación inversa entre la edad de la empresa y la variabilidad en las tasas de crecimiento.

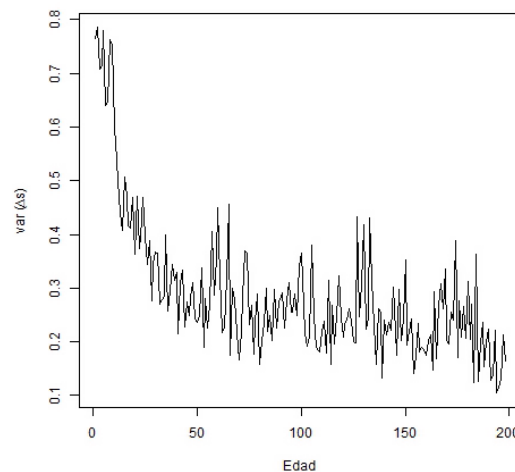


Figura 3.35. Variabilidad del crecimiento en función de la edad de la empresa

- **“Las empresas más longevas tienen mayor probabilidad de supervivencia”** (véase Evans (1987); Dosi (2007)). Analizamos con qué probabilidad

quiebran las empresas, determinando así, si la edad de la empresa influye en la probabilidad de supervivencia. Haremos las mismas consideraciones que cuando la estudiábamos respecto del tamaño empresarial. La figura 3.36 evidencia que la probabilidad de quebrar se reduce drásticamente al aumentar la edad de la empresa, obteniéndose una distribución sesgada a la derecha. Esto acentúa el hecho de que los primeros instantes de una empresa son determinantes para su supervivencia.

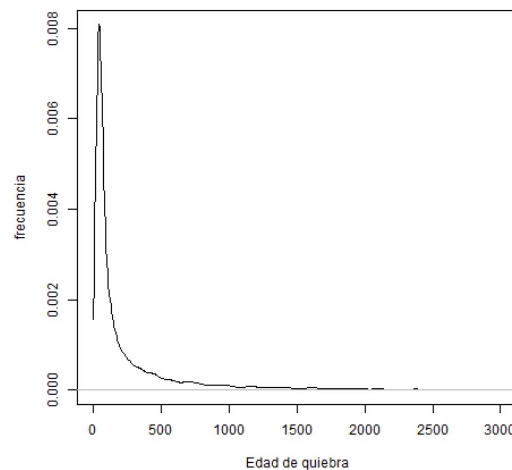


Figura 3.36. Probabilidad de que una empresa quiebre con una determinada edad

- **“Las tasas de crecimiento siguen una distribución sesgada a la derecha”** (véase Stanley et al. (1995); Bottazzi y Secchi (2003b); Dosi (2007)). Nuevamente consideramos que $\Delta s \geq 0$. La figura 3.37 pone de manifiesto que las tasas de crecimiento siguen una distribución sesgada a la derecha, es decir, la mayor parte de los crecimientos son pequeños, mientras que unos pocos son muy elevados.
- **“Existen cambios en las cuotas de mercado y los tamaños de las empresas”** (véase Dosi (2007)). Es sabido que, en nuestro modelo, el tamaño de la empresa es medido a partir de su cuota de mercado. Reproducir esta propiedad equivale a determinar si las cuotas de mercado varían a lo largo del tiempo. Hágase ver que en las figuras 3.23, 3.22 y 3.21 ya se constataba que el índice de concentración industrial no es estático, sino que evoluciona a lo largo del tiempo, lo que implica que hay variaciones en las cuotas de mercado. Nótese que si bien, los mayores cambios tienen lugar en las primeras etapas

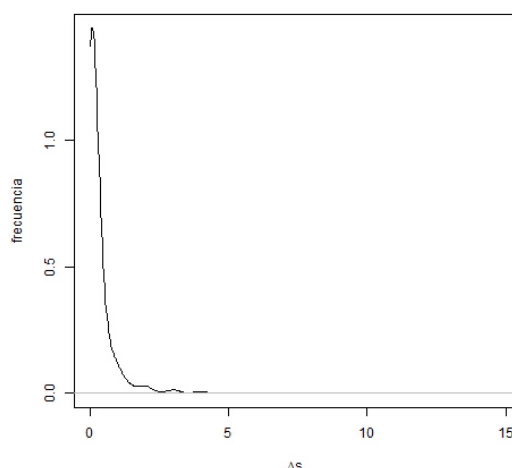


Figura 3.37. Función de densidad para las tasas de crecimiento

del ciclo de vida industrial, incluso en la madurez, se siguen produciendo.

- **“Hay diferencias persistentes en los beneficios de las firmas”** (ver, por ejemplo, Cefis (2003); Gschwandtner (2005); Dosi (2007)). En el modelo suponemos que el margen unitario es aproximadamente constante, de manera que la diferencia en beneficios procede fundamentalmente del nivel de ventas. Esto implica que la cuota de mercado es una buena variable *proxy* para el beneficio de las firmas, quedando el hecho de la siguiente forma: “hay diferencias persistentes en las cuotas de mercado de las firmas”.

En la madurez, los fenómenos no persistentes ya deberían haber desaparecido, de manera que los que quedan son los persistentes. En la figura 3.30 podemos apreciar que incluso en la madurez, las cuotas de mercado de los productores son muy diferentes entre sí, sin verse afectada por el tiempo dicha propiedad.

- **“El ciclo de vida industrial está formado por diversas fases, cada una, caracterizada por un conjunto de propiedades:**
 1. Durante la fase temprana del ciclo de vida industrial, el volumen de ventas es bajo, las necesidades del mercado no están bien definidas, hay pocas barreras de entrada y el número de empresas crece rápidamente.
 2. Durante la fase de desarrollo, el volumen de ventas crece rápidamente, se producen una estandarización del producto, el número

de empresas alcanza su máximo y hay una gran variabilidad en los shares.

3. En la fase de turbulencias, se reduce drásticamente el número de productores (en algunas industrias esta fase no está presente).
4. Durante la fase de madurez, el crecimiento es reducido y predecible, los consumidores saben lo que quieren y los productores cuáles son las necesidades de éstos, hay poca variabilidad en los shares y los nuevos productores tienen grandes dificultades para desplazar a los antiguos”.

Un estudio detallado de las propiedades de cada fase del ciclo de vida industrial puede encontrarse en Klepper (1997).

En las figuras 3.17, 3.16 y 3.15 se plasma que el volumen de ventas, en términos de tasa de adopción, es nulo inicialmente, crece rápidamente hasta alcanzar la madurez, a partir de la cual se estabiliza. Inicialmente, las necesidades del mercado no están bien definidas, ya que los consumidores están dispersos en el espacio de características, pero luego la demanda se organiza en nichos de consumidores, que permiten que sean atendidos con un mayor grado de estandarización. Paralelamente, cuando esto sucede, los deseos se hacen más estables, los consumidores saben lo que quieren. Las figuras 3.13, 3.14 y 3.12 muestran que la probabilidad de entrada a la industria es inicialmente alta (pocas barreras de entrada), bajando rápidamente hacia cero (altas barreras de entrada). Las figuras 3.20, 3.19 y 3.18 reflejan la evolución del número de productores en la industria, que es inicialmente nulo, seguido de un crecimiento rápido hasta estabilizarse. En la figura 3.38 se muestra cómo la variabilidad en el crecimiento de las cuotas de mercado se va reduciendo conforme la industria madura.

- **“Algunas industrias no presentan fase de turbulencias”.** Se trata de un *“stylized fact”* bien conocido en la literatura (véase Klepper (1997)), y que emerge de manera natural en nuestro modelo. En 3.40 se puede apreciar que la fase de turbulencias, caracterizada por una reducción del número de productores antes de la estabilización, se produce únicamente cuando los consumidores son muy exigentes (diríjase al apartado de resultados novedosos para más información sobre los condicionantes del patrón).

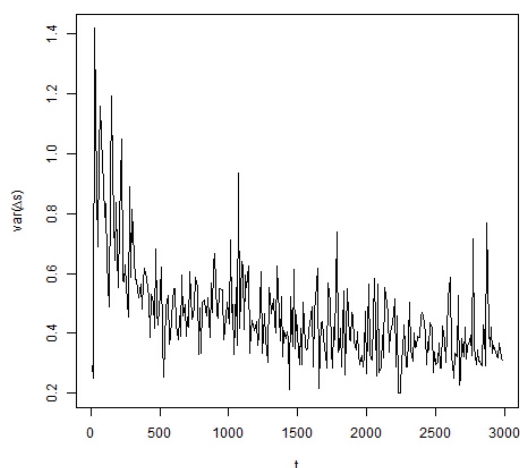


Figura 3.38. Variabilidad del crecimiento de la cuota de mercado

- **“Muchas industrias desarrollan un patrón en forma de S en el nivel de adopción”** (véase Rixen y Weigand (2013)). En la figura 3.15 se reproduce el fenómeno para r muy bajos, esto es, para niveles muy altos de exigencia del consumidor, sugiriendo que puede ser uno de sus condicionantes (en el apartado de resultados novedosos se detallan los condicionantes).

3.8.2. Nuevos condicionantes

Los patrones reproducidos son propiedades habituales de los mercados de consumo. Algunos están siempre presentes, mientras que otros sufren variaciones o llegan a desaparecer bajo ciertas circunstancias, a éstas las denominamos condicionantes de los patrones del sistema. El modelo ha encontrado algunos hasta ahora desconocidos, los cuales, pasamos a detallar.

- **“Condicionantes del lado de la demanda que tienen un efecto en la duración de las fases del ciclo de vida industrial”**. Como ya vimos anteriormente, la baja exigencia del consumidor y/o la baja fragmentación de la demanda pueden atrasar la fase de madurez.
- **“Condicionantes del lado de la demanda que hacen que sólo algunas industrias presenten el patrón en forma de S en la tasa de adopción”**. En la literatura se pone de manifiesto que algunas industrias no presentan el

patrón en forma de S en la tasa de adopción, pero las causas aún quedan sin consenso (remítase a Rixen y Weigand (2013)). Como se vio anteriormente en la figura 3.15, el modelo aporta una posible explicación: el patrón surge para un caso muy particular, cuando los consumidores son extremadamente exigentes. La novedad no se encuentra sólo en determinar algún condicionante, sino en que lo hace desde el lado de la demanda. Estamos interesados en determinar para qué niveles de exigencia se produce la transición de curva en forma de S a una puramente cóncava. La figura 3.39 pone de relieve que para $r \gtrsim 0.15$ se pierde el patrón en forma de S, confirmándose que sólo cuando los consumidores son sumamente exigentes se obtiene el tan conocido patrón. Es de interés señalar que en los modelos convencionales, el consumidor maximiza una función de utilidad, lo que equivale a asumir implícitamente que los consumidores tienen un nivel de exigencia máximo, esto es, $r = 0$. Sin embargo, nuestros resultados muestran que basta con que los consumidores relajen levemente la hipótesis de exigencia extrema, para que se produzca la transición de fase, perdiéndose así el patrón.

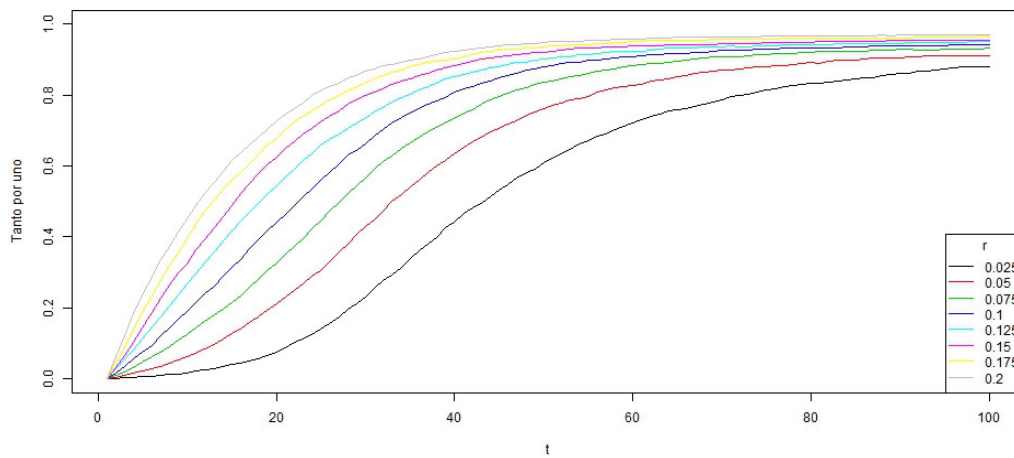


Figura 3.39. Cambio de fase en r en el que se pierde la convexidad

- **“Condicionantes del lado de la demanda para la existencia de una fase de turbulencia”.** Klepper (1997) discutía que, empíricamente, esta fase no siempre se producía, aunque no quedaban claros cuales podían ser las causas. Nuestro modelo arroja algo de luz al respecto, indicando que esta fase sólo se produce en aquellas industrias con un alto nivel de exigencia del consumidor. En la figura 3.40 se observa que el modelo también reproduce la fase de

turbulencia caracterizado por un descenso en el número de productores, perdiéndose esta propiedad para $r \gtrsim 0.15$. La figura 3.18 pone de manifiesto, en una escala temporal mayor, el descenso tan abrupto que se obtiene en el número de productores para niveles muy altos de exigencia del consumidor, aunque por otra parte, la granularidad de r impide conocer con exactitud cuándo se produce el cambio de fase.

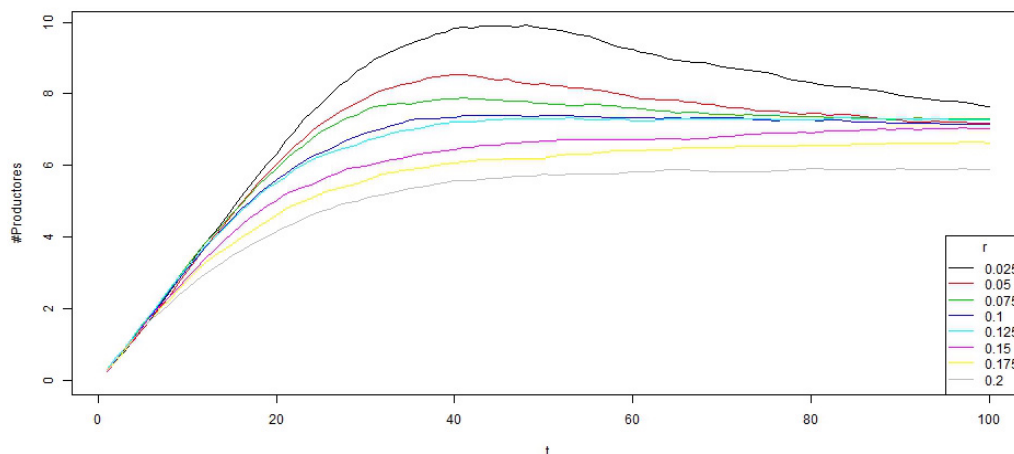


Figura 3.40. Cambio de fase en el número de productores según r

- **“Condicionantes del lado de la demanda para alcanzar una de las estructuras industriales más atípicas: un mercado sin oferta”.** El modelo logra reproducir una estructura industrial que, por ser atípica, ha despertado tradicionalmente poco interés en el mundo académico: los mercados sin oferta. El modelo sugiere que dicha estructura aparece si la demanda está extremadamente fragmentada (casi atomizada). Si es alta, pero no extrema, debe ir acompañada de una exigencia alta del consumidor. Relajando algo la fragmentación de la demanda y la exigencia del consumidor, se pueden obtener estructuras industriales con oferta no nula pero considerablemente menor que la demanda $O \ll D$. Es un régimen atípico, pero no irreal, éste podría ser el caso de los fármacos para enfermedades raras, un mercado con escasa oferta debido a la falta de atractivo comercial (se tiene un alto nivel de exigencia del consumidor, porque la enfermedad requiere un producto preciso, y una alta fragmentación de la demanda, porque son nichos pequeños con necesidades muy específicas).

Todos estos nuevos condicionantes desde el lado de la demanda, ponen de manifiesto que la demanda importa. No sólo eso, también nos alertan de que las conclusiones de los modelos tienen un alto grado de dependencia respecto a las hipótesis que se asumen sobre la demanda. Cuando se relajan las hipótesis generalmente asumidas por los modelos convencionales sobre el comportamiento optimizador de los consumidores o sobre la homogeneidad del producto, nuevos resultados aparecen. Siendo así, ¿no debemos prestar una mayor atención a los parámetros de la demanda?

3.8.3. Emergencia de nuevos patrones

El modelo hace emerger dos patrones diagnosticados teóricamente y que aún no han sido observados en la industria. Uno de ellos –en realidad dos– es **el patrón de r que relaciona la exigencia del consumidor con la estructura industrial al influir en la concentración industrial y el número de productores que tiene la industria**. Este patrón, pese a parecer un artificio del modelo ha sido encontrado empíricamente en la industria (ver la sección dedicada a la validación empírica).

Por otra parte, el modelo sugiere que: “**Algunas industrias presentan una tasa de entrada con una primera fase de crecimiento y una segunda de decrecimiento, mientras que otras únicamente decrecen**”. Lo esperable es que la industrias se vuelvan cada vez más atractivas (probabilidad de entrada creciente) hasta que empieza la madurez, momento que suele ir acompañado de una fase de turbulencias en la se produce un descenso abrupto en el número de productores, esto es, la probabilidad de entrada es mucho menor que la de salida. Sin embargo, esto no siempre es así. La figura 3.41 pone de manifiesto que sólo cuando los consumidores son muy exigentes, se obtiene una probabilidad de entrada inicialmente creciente y luego decreciente, mientras que para $r \gtrsim 0.15$ se produce un cambio de fase que hace que sea estrictamente decreciente. Futuros trabajos empíricos podrían determinar si existen ambos tipos de industrias.

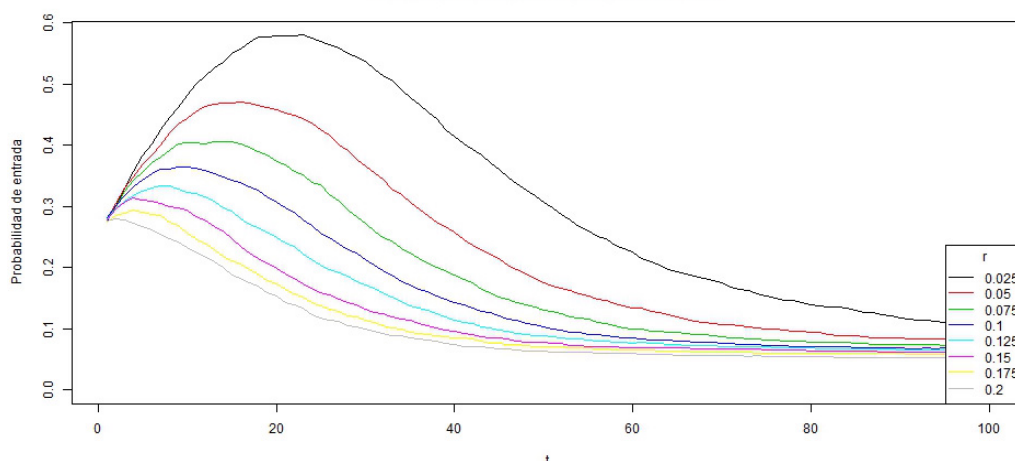


Figura 3.41. Cambio de fase en la probabilidad de entrada según r

3.9. Conclusiones

En el capítulo tercero, se introduce un modelo basado en agentes que caracteriza a un mercado descentralizado de consumo discrecional. El objetivo del modelo es descubrir y comprender la dinámica que subyace en estos sistemas, explicando diversas propiedades agregadas como la estructura industrial usando exclusivamente tres parámetros de demanda, como el nivel de exigencia del consumidor, la lealtad a la marca y el grado de fragmentación de la demanda. Por tanto, estamos especialmente interesados en estudiar el papel que desempeña la demanda en las propiedades del mercado.

Generalmente, los modelos convencionales asumen entre sus hipótesis que agentes representativos –iguales– toman decisiones hiper-rationales sobre el consumo de productos homogéneos. En nuestro caso, relajamos tales hipótesis en aras de una mayor generalidad. De esta manera, la oferta está formada por un producto heterogéneo en sus características, siendo ésta moldeada por los deseos de los consumidores, los cuales co-evolucionan endógenamente mediante mecanismos de emulación. Así, el mercado está formado por variantes de un mismo bien de consumo discrecional. Las hipótesis convencionales están presentes para un caso muy particular, cuando la incertidumbre es nula, la demanda no está fragmentada y la lealtad a la marca no es considerada.

Las ventajas competitivas presentes en la industria determinan muchas de sus

propiedades (por ejemplo la estructura industrial). Tanto el tipo como la intensidad de las ventajas competitivas emergen endógenamente del modelo a partir de los tres factores de demanda considerados. Del modelo emergen tres tipos de ventajas muy similares a las habitualmente observadas en las industrias. La primera captura el privilegio de ser el pionero. La segunda la existencia de barreras de entrada. Y la tercera, la presencia de ubicaciones privilegiadas imperfectamente percibidas. Debido a que las ventajas competitivas no son siempre iguales –ni en intensidad ni tipo–, se producen cambios de fase en el sistema que dan lugar a la emergencia de comportamientos altamente no lineales e inesperados, algunos de los cuales pasamos a comentar.

Los mercados descentralizados están caracterizados por un conjunto de patrones o propiedades ampliamente estudiadas en la literatura, como “la estructura industrial”, “el ciclo de vida industrial”, “el tamaño de las empresas sigue una distribución sesgada a la derecha”, “hay diferencias significativas entre sectores respecto a la concentración industrial”, “las firmas de mayor tamaño y/o más longevas presentan una menor tasa de crecimiento, una menor variabilidad en la tasa de crecimiento y una mayor probabilidad de supervivencia”, “las tasas de crecimiento siguen una distribución sesgada a la derecha”, “existen cambios en las cuotas de mercado y los tamaños de las empresas”, “hay diferencias persistentes en los beneficios de las firmas”, “algunas industrias no presentan fase de turbulencias” y “muchas industrias desarrollan un patrón en forma de S en el nivel de adopción”.

Pese a su simplicidad, la dinámica propuesta es capaz de reproducir todas estas propiedades. En la medida en la que el modelo no las ha tenido en cuenta en sus especificaciones, obtenerlas como resultado es una forma de llevar a cabo una validación teórica de la dinámica del modelo. De manera que no sólo las especificaciones del modelo están basadas en la evidencia empírica, sino que los resultados derivados de sus dinámicas también son coherentes con la evidencia.

El modelo encuentra explicaciones desde el lado de la demanda para todos ellos. Hasta el momento, en caso de existir alguna, era basándose en la oferta. Obtenemos un resultado aún más interesante, el modelo predice teóricamente algunos patrones a la vez que indica sus posibles condicionantes, restringiendo y alentando la búsqueda empírica. Uno de ellos, completamente inesperado, consiste en un patrón altamente no lineal en el número de productores y la concentración industrial en función de un parámetro de demanda como el nivel de exigencia del consumidor. En este patrón,

el mínimo número de productores –y máxima concentración industrial– se alcanza para niveles moderados en la exigencia del consumidor. Se estudiaron los precios y niveles de ventas para 400 variedades de un mismo producto –el vino– y se obtuvo empíricamente el mismo patrón. La confirmación empírica de un patrón inesperado, sólo predicho por el modelo, incrementa la validez de la dinámica propuesta.

El modelo propone una dinámica en la que la demanda, tras organizarse, aliena la entrada de productores y va dando forma al lado de la oferta. La estructura industrial no está predefinida de antemano, sino que es algo que emerge, que va evolucionando, desde el monopolio del pionero a una que, dependiendo del caso, será más o menos competitiva. El modelo es capaz de generar, a partir de los tres parámetros de demanda considerados, infinitas estructuras industriales como un continuo, que incorpora las tradicionales –monopolio, oligopolio, competencia, etcétera– como casos particulares. Algunas estructuras industriales tradicionalmente ignoradas, como los mercados sin oferta o con oferta muy limitada, son también generadas. Debido a que las propiedades del mercado no son las mismas durante su desarrollo que durante la madurez, a efecto de explicación es aconsejable clasificar los resultados según si son transitorios (durante el desarrollo industrial) o permanentes (tras alcanzar la madurez industrial).

3.9.1. Antes de alcanzar la madurez industrial

Algunos factores de la demanda pueden influir en la velocidad con la que la industria alcanza la madurez. Cuando los consumidores son pocos exigentes y/o la fragmentación de la demanda es baja, la madurez industrial se retrasa, manteniéndose más tiempo una estructura menos competitiva. Esto es normal si se tiene en cuenta que las industrias van aumentando su competitividad hasta alcanzar la madurez industrial. Pues todas parten de la estructura menos competitiva existente, el monopolio del pionero. Lo curioso realmente es que estas industrias alcanzan en su madurez estructuras más competitivas de lo normal. Es decir, durante su juventud son menos competitivas de lo normal, pero durante la madurez más de lo normal, lo cual tiene implicaciones normativas. El diseño de políticas no debe basarse exclusivamente en lo que sucede en el largo plazo, en la madurez industrial, ya que, por ejemplo, aplicar políticas de estímulo de la competencia durante el desarrollo de este tipo particular de industrias, puede llevar a pecar de exceso durante la madurez,

debido a la tendencia de éstas a una alta competencia que no se manifiesta durante las primeras etapas.

El estudio realizado durante el desarrollo industrial indica que obtener la misma estructura industrial en la madurez no implica que ambas describan la misma situación, puesto que dinámicas completamente diferentes pueden conducir a la misma estructura industrial. De esta manera, se pone de manifiesto que el estudio de las propiedades industriales –incluyendo su estructura– durante la madurez no es suficiente para caracterizar a una industria, lo que puede llevar a diseñar políticas inapropiadas.

No todas las industrias tienen una fase de turbulencias en su ciclo de vida ni presentan un patrón en forma de S en la tasa de adopción. A día de hoy, aún no hay consenso sobre cuáles son sus condicionantes. Nuestro modelo arroja algo de luz al respecto. La fase de turbulencia y el patrón en forma de S sólo emergen para industrias con consumidores muy exigentes, lo que plantea una serie de preguntas que pueden ser respondidas en futuros trabajos empíricos: si hay industrias que no presentan estas propiedades, ¿puede ser debido al nivel de exigencia de la demanda? Y lo más importante, en caso de ser así, ¿no debe tener la demanda un rol más activo del que habitualmente se le atribuye?

3.9.2. Durante la madurez industrial

Como regla general, una exigencia moderada del consumidor y una mayor lealtad a la marca reducen el nivel de competencia en la industria, propiciando la aparición de estructuras industriales menos competitivas, como los oligopolios. La fragmentación de la demanda no tiene un efecto único en el nivel de competencia, sino que depende del nivel de exigencia del consumidor para que juegue a favor o en contra.

Cuando los consumidores son muy exigentes, coexisten muchos productores similares. Pudiera parecer que es competencia perfecta, pero no suelen ser competidores directos, la competencia es local, sólo a nivel de nicho. A este régimen le denominamos competencia perfecta local. Puede ser éste el caso del vino de alta calidad, donde cada consumidor sabe exactamente lo que quiere y coexisten muchas bodegas. Para estos altos niveles de exigencia del consumidor, una mayor fragmentación de la demanda y/o una menor lealtad a la marca intensifican la competencia perfecta local,

donde muchos oferentes con cuotas parecidas compiten localmente. Como se puede observar, una mayor fragmentación de la demanda en estas industrias, incrementa el nivel de competencia.

Cuando el consumidor es moderadamente exigente, se tiende hacia un oligopolio, en el que cada oferente dirige su producto a varios nichos a la vez, aunque no de manera indiscriminada. Puede ser el caso de la industria del automóvil de gama media. En ella, los fabricantes que sean capaces de complacer simultáneamente a diversos perfiles de consumidores, cuentan con una importante ventaja competitiva, sentando las bases del oligopolio. Para estos niveles de exigencia moderada del consumidor, una mayor lealtad a la marca perjudica la competencia, conduciendo a estructuras más oligopolísticas.

Cuando el mercado es global por la falta de exigencia del consumidor, el nivel de competencia es elevado, alcanzándose estructuras industriales de competencia, donde cada oferente dirige su producto a todos los consumidores sin discriminar las diferencias entre ellos, es decir, se considera un consumidor representativo. Puede ser éste el caso de los distribuidores de gasolina, donde los consumidores no son capaces de percibir las diferencias en el producto. Para estos bajos niveles de exigencia del consumidor, una mayor lealtad a la marca reduce el nivel competitivo, aunque sin llegar al oligopolio, disminuyendo el número de oferentes a la vez que se mantiene prácticamente sin cambios la concentración industrial. En estas industrias, el nivel de la fragmentación de la demanda no influye en su nivel de competencia.

Como hemos podido ver, dos industrias en un régimen de competencia pueden tener su origen en dos realidades muy diferentes, una con consumidores tan exigentes que fuercen a los productores a afinar sus productos en extremo y otra con consumidores tan poco exigentes que lleven a que un producto dirigido a un consumidor representativo sea suficiente. Por supuesto, una visión más profunda nos pone en relieve que realmente no son regímenes idénticos, uno es de competencia local, mientras que el otro global.

A los resultados generales, habría que añadir dos extremos, no por ello infactibles en el mundo real. El primero es que las industrias con una demanda muy dispersa y unos consumidores muy exigentes, tendrán una estructura industrial atípica de oferta limitada, donde parte de la demanda quedará insatisfecha. Estas industrias no alcanzan, como suele ser normal, un alto nivel de adopción en su madurez. Pudiera

darse el caso de que la demanda estuviese tan fragmentada y los consumidores fueran tan exigentes, que ninguna empresa tuviera incentivo para entrar, quedando la demanda completamente desabastecida. Un ejemplo de oferta limitada lo podemos encontrar en las dificultades de abastecimiento en la industria farmacéutica para el caso de las enfermedades raras. En este caso, los consumidores tienen que ser muy exigentes –la enfermedad requiere un producto preciso– y la fragmentación de la demanda es muy alta –hay un sinfín de enfermedades raras, pero cada una afecta sólo a un pequeña parte de la población.

El segundo es que una lealtad a la marca muy elevada, conduce siempre a situaciones oligopolísticas, en particular, al monopolio si los consumidores son poco exigentes. La lealtad extrema hace que la ventaja del pionero desempeñe un rol dominante, haciendo que los demás factores dejen de tener relevancia. Por ello, la lealtad a la marca es una forma muy atractiva de conseguir poder de mercado. Además, como los esfuerzos en marketing comercial tienen una alta capacidad de influencia sobre este factor, esta vía se hace aún más atractiva. Puede ser por ello que las empresas, por experiencia propia, hayan aprendido que los esfuerzos en marketing comercial son de suma importancia, haciendo que tengan una predilección especial por esta forma de obtener poder de mercado. Lógicamente, la lealtad extrema es un caso desvirtuado, pero no por ello infactible. Esta podría ser la explicación del bajo número de empresas que tienen algunos sectores, como puede ser el caso de la industria farmacéutica. En este caso, la alta lealtad a los fármacos de marca es debida a la poca confianza que deposita el consumidor en los fármacos genéricos, ya que considera que está en juego algo tan importante como su salud.

Si bien es tentador dedicar todos los esfuerzos de marketing a la vía comercial para influir en la lealtad a la marca y en el nivel de exigencia del consumidor, ya que su efecto es más directo y sus resultados más inmediatos, no se debe olvidar que también se deben dedicar esfuerzos en marketing social, pues aunque sea una vía más lenta e indirecta para inducir la compra, la fragmentación de la demanda también es crucial. En este sentido, el marketing social debe ser un complemento inseparable del comercial si la empresa desea ser efectiva al aumentar su poder de mercado.

3.9.3. Resultados y aportaciones generales

Además de los resultados concretos anteriormente expuestos, el modelo de consumo también ha realizado varias contribuciones que pasamos a enumerar.

La primera consiste en la formalización. Hasta el momento, no todas las propiedades habían sido explicadas mediante modelos formales, sino desde un punto de vista exclusivamente empírico.

La segunda es determinar las causas de aquellas propiedades de las que aún no se sabe qué las provoca. También se han ofrecido condicionantes adicionales para algunas propiedades ya explicadas en la literatura, ofreciendo, por ejemplo, nuevos determinantes para cada una de las estructuras industriales habituales. También hallamos algunos determinantes de una estructura industrial que, por ser atípica, ha despertado tradicionalmente poco interés: los mercados sin oferta.

La tercera consiste en descubrir dos patrones aún no documentados. El primero consiste en que las industrias presentan una tasa de entrada decreciente conforme avanzan por el ciclo de vida industrial, aunque aquellas caracterizadas por un alto nivel de exigencia del consumidor, presentan una primera fase de crecimiento antes de empezar a decrecer. Estos resultados teóricos requerirán futuros trabajos empíricos para determinar si existen ambos tipos de industrias. El segundo es un patrón altamente no lineal en el número de productores y en la concentración industrial, presentando cuatro fases en función de la exigencia del consumidor, donde el número de productores alcanza el mínimo y la concentración industrial es máxima para niveles moderados de la exigencia del consumidor. Este patrón y sus causas –ambos teóricamente diagnosticados– han sido confirmados empíricamente tras un estudio de mercado, empleando para ello, los niveles de venta y precios de 400 variedades de un mismo producto (en este caso, el vino). Futuras investigaciones empíricas podrán traer resultados susceptibles de ser incorporados en las especificaciones del modelo, reforzando el *feedback* entre ambos enfoques, el teórico y el empírico.

La cuarta es que el modelo está centrado en la demanda, no en la oferta como suele ser habitual. Todas las propiedades se han explicado empleando únicamente tres parámetros del lado de la demanda: la lealtad a la marca, la fragmentación de la demanda y el nivel de exigencia del consumidor. La propiedad que más sorprende que pueda ser explicada por la demanda es la estructura industrial. Tradicionalmente, la

estructura industrial ha sido explicada desde el lado de la oferta, por ejemplo, por la existencia de economías de escala o altos costes fijos, como sucede en las industrias muy intensivas en I+D. El modelo propuesto sugiere que la estructura industrial también puede ser explicada en términos de esos tres parámetros de la demanda. Así, incluso para aquellas propiedades en las que parece que sólo la oferta tiene algo que decir, la demanda también importa. Esto pone de manifiesto que el rol de la demanda ha sido históricamente infravalorado.

La quinta consiste en la generalización que supone que una única dinámica ofrezca una explicación común a todas las propiedades consideradas (14 en total). Lo habitual es recurrir a modelos *ad hoc*, no siempre formales, encargados de estudiar aisladamente los condicionantes de alguna propiedad, como por ejemplo, determinar qué circunstancias favorecen la aparición de monopolios.

La sexta consiste en obtener un modelo descriptivo válido, esto es, con una dinámica plausible. La dinámica del modelo ha sido validada doblemente. En primer lugar, reproduciendo cualitativamente los patrones documentados en la literatura (validación teórica). Y en segundo lugar, hallando empíricamente –en la industria vinícola– el resultado más relevante e inesperado del modelo, el patrón altamente no lineal de la exigencia del consumidor (validación empírica). Esta doble validación, implica que la dinámica propuesta, captura la esencia de la dinámica real del sistema, lo que otorga fundamento a las conclusiones que se puedan extraer de ella.

La séptima es la explicación evolutiva. Del modelo emergen endógenamente estructuras industriales como un continuo, y no de forma discreta como suele ser habitual. Gracias a ello, la transición de una estructura a otra se produce gradualmente, sin saltos cualitativos. Así, el paso de una estructura de oligopolio convencional a una de competencia se produce poco a poco, pasando por infinitud de estructuras intermedias. Este enfoque ayuda a comprender mejor cómo se producen estas transiciones durante el ciclo de vida, así como tras un cambio importante en las características de la industria (por ejemplo, tras un cambio tecnológico). Este enfoque evolutivo es crucial, pues explica el proceso de transformación industrial –no sólo el estado final– sin necesidad de recurrir a *shocks* externos que expliquen el cambio.

3.10. Apéndice: algoritmo

En su correspondiente apartado, ya vimos un esquema a alto nivel del algoritmo, no obstante, algunos detalles pudieron quedar ocultos en aras de su legibilidad. A continuación se presenta una vista algorítmica detallada del modelo, que puede resultar de ayuda a la hora de aclarar algunas dudas de implementación. Como puede apreciarse, se parte del introducido en el modelo de emulación del primer capítulo.

1. Crear un grafo no dirigido en la demanda. Donde el conjunto de nodos es fijo y representa a los N consumidores potenciales y el conjunto de aristas es inicialmente vacío. La posición inicial de cada consumidor se calcula aleatoriamente a partir de una distribución uniforme. Inicialmente el conjunto de productores es vacío.
2. Por cada periodo:
 - 2.1. Se ordena aleatoriamente una lista con todas las posibles aristas del grafo de consumidores. Como el número de nodos es constante, esta lista siempre tendrá $\frac{N \cdot (N-1)}{2}$.
 - 2.2. Por cada arista (i, j) de la lista:
 - 2.2.1. Se elimina la arista (i, j) del grafo si existe.
 - 2.2.2. Con probabilidad P_{ij} los consumidores i y j interactúan (ver: Afinidad).
 - 2.2.2.1. La arista (i, j) se agrega al grafo de consumidores.
 - 2.2.2.2. Se aproximan mutuamente (ver: Intensidad de la emulación).
 - 2.3. Se ordena aleatoriamente la lista de consumidores.
 - 2.4. Por cada consumidor C_i , con probabilidad p parámetro del sistema, el consumidor actualiza su posición c_i aleatoriamente a partir de una distribución uniforme (ver: Innovación de consumo).
 - 2.5. Se determinan los nichos G de mercado existentes.
 - 2.6. Se reordena aleatoriamente la lista de consumidores.
 - 2.7. Cada consumidor C_i , determina qué productos están a distancia $\leq r$. Determina la imagen de marca que tiene en estos momentos cada uno de ellos

(ver: Imagen de marca) y selecciona aleatoriamente uno con probabilidad proporcional a su imagen de marca. Luego, lo compra y lo consume.

- 2.8. Se ordena aleatoriamente la lista de productores.
- 2.9. Por cada productor P_j , se calcula la distancia d al nicho más cercano. Se acerca a él en $\min(d, \lambda \cdot d_{\text{máx}})$ unidades, donde $d_{\text{máx}}$ es la distancia máxima entre los dos puntos más alejados del espacio de características.
- 2.10. Cada productor computa su *share* (respecto a N), si es menor del 5 %, sale del mercado con probabilidad q .
- 2.11. Un nuevo productor decide si entrar al mercado. Para ello, determinará qué nichos son representativos (aquellos de tamaño $> 0.05N$), de entre los que seleccionará estocásticamente a uno como *target*, con mayor probabilidad para aquellos que tengan un mayor número de consumidores esperados (ver: Probabilidad de entrada).

Conclusiones

Las decisiones de los individuos suelen estar influidas por la de los demás, ya sean las pasadas, las presentes o incluso las esperadas en el futuro. A consecuencia de ello, la influencia social es un factor clave en la explicación de numerosos fenómenos, tales como las modas, la difusión de innovaciones, las votaciones políticas, los patrones de consumo, la violencia colectiva o los atascos de tráfico, por sólo enumerar algunos de ellos. Este factor hace que el fenómeno en cuestión deba ser modelizado como un proceso co-evolutivo. Sin embargo, algunas de sus propiedades, como su interdependencia no lineal, la irreversibilidad de su dinámica o su capacidad para estar permanentemente fuera del equilibrio, suponen serios obstáculos para las aproximaciones convencionales, máxime si son estáticas. A consecuencia de ello y pese a la falta de realismo que implica, éstas y otras propiedades son eliminadas de las hipótesis de las aproximaciones convencionales.

A lo largo de los años se han ido obteniendo un gran número de evidencias empíricas sobre el comportamiento del individuo. Éstas revelan en qué basan las personas sus opiniones, sus deseos, sus interacciones interpersonales o sus decisiones de compra. Todo ello, es esencial para definir la influencia social y algunos de sus mecanismos, los cuales impregnan numerosos fenómenos sociales que son de interés para el estudio, como los patrones de consumo, la difusión de innovaciones o la opinión pública.

El propósito principal del presente trabajo consiste en determinar cuáles son las propiedades sociales que proceden de dicha evidencia (a nivel de individuo). Algunas serán conocidas, hallando con ello una nueva explicación, otras serán totalmente nuevas, alentando la búsqueda empírica de las relaciones teóricamente diagnosticadas. La evidencia considerada introduce mecanismos que, como la influencia social, pueden levantar el velo de algunas relaciones causales presentes en estos fenómenos,

ayudando a entenderlos mejor.

Debido a la dificultad analítica introducida por el planteamiento, recurrimos a técnicas de simulación computacional que permitan estudiar estos fenómenos sociales como procesos co-evolutivos. Para ello, diseñamos modelos computacionales estocásticos capaces de capturar la dinámica subyacente a este tipo de fenómenos, a partir de un conjunto reducido de especificaciones, las cuales están basadas en la evidencia empírica que ya se comentó sobre el comportamiento de los individuos (nivel micro). La simulación de estos modelos nos permite obtener las propiedades sociales (agregadas a nivel macro) que se derivan de las de los individuos (nivel micro), estableciendo conexiones micro-macro que posteriormente se corroboran empíricamente a fin de validar la dinámica propuesta. Una manera de hacerlo consiste en reproducir propiedades que son observadas en la realidad y que no han sido tenidas en cuenta durante el diseño del modelo. Otra consiste en la búsqueda empírica de propiedades que han sido teóricamente diagnosticadas por el modelo, pero que sin embargo, eran desconocidas hasta la fecha. Ambas validaciones han sido llevadas a cabo sistemáticamente a lo largo de todo el trabajo, otorgando plausibilidad a las dinámicas propuestas.

El propósito de este enfoque no consiste en describir complejos estados estáticos de equilibrio, sino en inferir la dinámica que lo hace posible, es decir, el conjunto de reglas de interacción elementales. A veces, lo más natural no es modelar algo complejo, sino dejar que evolucione a partir de algo simple. Esta es la filosofía del enfoque empleado.

La emulación es uno de los mecanismos más simples y frecuentes de influencia social. Actúa continuamente, con un efecto sutil en cada interacción que realizamos, rara vez es percibida, pues generalmente, es automática, subconsciente, lo que provoca, a nivel agregado, un efecto de increíbles magnitudes, de gran calado social. Por ello, dedicamos el primer capítulo de la memoria a su estudio. En él introducimos un modelo computacional estocástico y auto-contenido –al que nos referiremos en el resto del texto como modelo de emulación–, que es capaz de capturar los mecanismos elementales de la emulación social. En el segundo capítulo presentamos un modelo computacional para estudiar la difusión de innovaciones y su relación con el uso de las TICs (Tecnologías de la Información y las Comunicaciones) al que denominaremos modelo de difusión de innovaciones. Este modelo emplea las dinámicas de emulación para caracterizar el proceso endógeno de creación, evolución y co-evolución de

las comunidades de usuarios, de las que dependen, en gran medida, las decisiones de consumo de los individuos. El modelo estudiado en el tercer capítulo captura las dinámicas de un mercado de consumo discrecional, donde la oferta, formada por productos heterogéneos en sus características, se adapta continuamente a los deseos de consumo socialmente adquiridos. Los deseos de consumo co-evolucionan endógenamente siguiendo los mecanismos del modelo de emulación del primer capítulo. Para terminar de caracterizar a la demanda se incorporan nuevos mecanismos, algunos de los cuales tienen su origen en el modelo de difusión de innovaciones. A éste último nos referiremos brevemente como modelo de consumo. Como se puede deducir, todos estos modelos son incrementales, abiertos a nuevas especificaciones que permitan estudiar con más profundidad los fenómenos ya considerados o incluso otros en los que dichos modelos sean aplicables.

Todos los modelos presentados están basados en la evidencia empírica a la vez que generan resultados teóricos susceptibles de ser confirmados empíricamente, con lo cual tiene lugar una co-evolución entre las investigaciones teóricas y experimentales. La forma incremental y modular de proceder, unido a este enfoque co-evolutivo de hacer ciencia, conlleva a que todos los trabajos aquí planteados queden abiertos, siendo susceptibles de ser ampliados por distintas vías, incluyendo la experimental.

En la teoría económica convencional suele ser habitual incorporar hipótesis como el principio de superposición, la racionalidad plena de los agentes, la existencia de un agente representativo, la homogeneidad del producto, la existencia de estados de equilibrio o la independencia de las decisiones del individuo, tanto del tiempo como de otros individuos. En el marco de este trabajo todas estas hipótesis son relajadas en aras de una mayor generalidad, si bien algunas son por necesidad. Así, carecería de sentido estudiar procesos de influencia social, si asumimos la independencia en las decisiones individuales. De la relajación de algunas de estas hipótesis se pueden derivar patrones y propiedades agregadas no triviales, que quedan veladas en las aproximaciones tradicionales.

Modelo de emulación

En el modelo de emulación se considera una población de individuos sobre un espacio de características sociales que pueden representar los gustos, los deseos, los

estilos de vida o las opiniones de los individuos. El modelo parte de un número reducido de hipótesis, todas ellas fundadas en la evidencia empírica, haciendo que los resultados del modelo no pierdan el contacto con la realidad. Habitualmente son referidas a cómo se produce la interacción entre los individuos y a cuáles son sus consecuencias a nivel cualitativo.

El modelo se centra en los mecanismos de emulación que gobiernan numerosos fenómenos sociales, pero sin entrar en las particularidades de cada uno, otorgándole un alto grado de abstracción. Inclusive el espacio de características en el que se representan los individuos es un concepto relativamente abstracto, siempre y cuando no se definan un conjunto de características sociales concretas para un caso de estudio en particular. Este grado de abstracción puede dificultar el entendimiento de los resultados en algunos casos. De esta manera, los resultados obtenidos, aunque veraces y robustos, son difíciles de interpretar a este nivel de abstracción.

No cabe duda que la principal aportación del modelo no se encuentra en este nivel de abstracción, sino cuando es aplicado a un fenómeno social concreto, como las modas, las votaciones políticas, la difusión de innovaciones, las decisiones de consumo o la opinión pública. Por ejemplo, puede ser del todo esclarecedor interpretar los resultados abstractos del modelo para un caso particular de la opinión pública, en el que tengamos un espacio de características concreto que enfrente “la libertad individual” con la “libertad económica”, de manera que el individuo quede representado por su opinión en relación a ellas. Más interesante aún es cuando se integran sus dinámicas de emulación para la modelización de algunos de esos fenómenos concretos, como se hizo en el capítulo segundo para la difusión de innovaciones y en el tercero para la caracterización de un mercado de consumo discrecional. Ambos son fenómenos de mayor complejidad, pero también más cercanos y entendibles. Pese a ello, el modelo obtiene gran cantidad de resultados en este nivel de abstracción, algunos de ellos con fuertes implicaciones sociales que pasamos a comentar, si bien, cuando sea necesario serán interpretados desde el punto de vista de algún fenómeno particular, como la opinión pública, sin que ello suponga pérdida alguna de generalidad.

El modelo constata un hecho intuitivo, que la emulación social puede ser uno de los motivos que llevan a que los individuos se agrupen en comunidades. Los individuos interactúan con más frecuencia con aquellos más similares, tras producirse –generalmente de manera inconsciente–, los individuos se hacen más similares entre sí, a la vez que más diferentes de aquellos con los que menos interactúan,

produciéndose una convergencia local en comunidades. Estas comunidades están caracterizadas porque sus miembros tienen opiniones, creencias o gustos muy similares entre sí, pero a la vez diferentes con respecto a la media de la sociedad.

El resultado más interesante responde a la pregunta de por qué las distribuciones altamente sesgadas en el tamaño de las comunidades es tan habitual en las sociedades humanas. Una posible explicación la encontramos en lo que habitualmente es llamado en la literatura como el nivel de homofilia (o de intolerancia) de una sociedad. Ésta es entendida como una mayor propensión del individuo a interactuar con aquellos que son más similares. Sin embargo, el sentido de esta relación es inverso al esperado en un principio. Resulta que si una sociedad es muy tolerante y permeable, todos los agentes se agrupan en una única comunidad, lográndose la uniformidad total, de manera que la diversidad inicial de la sociedad desaparece. En cambio, si la tolerancia de la sociedad es moderada, emergen muchas comunidades, pero con gran diferencia de tamaño, de manera que sólo unas pocas de ellas son realmente representativas. Finalmente, en sociedades altamente intolerantes se alcanza un grado considerable de segregación, donde emergen muchas comunidades de tamaño similar. No es nada intuitivo pensar que no hay cabida en la sociedad para la diversidad y las minorías, si sus integrantes interactúan con los demás independientemente de cuán diferentes sean en relación a ellos. Desde el punto de vista de intención de voto, el resultado puede ser sorprendente. El número de partidos políticos y su poder relativo depende principalmente de la homofilia de la sociedad, es decir, ésta podría explicar por qué surgen estructuras como el bipartidismo, donde la mayoría del peso se concentra sólo en dos formaciones políticas.

Analizamos el impacto que tiene el nivel de independencia de los individuos de una sociedad, entendido como el grado de acceso a información global –fuera de su entorno social– que tienen éstos o a su capacidad a no verse afectados por la influencia de su entorno social. Si mantenemos el tamaño de las comunidades de mayor a menor, a medida que los individuos son más independientes, más dinámica se vuelve la sociedad, es decir, con más frecuencia cambian las posiciones que ocupan las comunidades en el ranking; sin embargo, aunque parezca sorprendente, la distribución de los tamaños de las comunidades permanece intacta. El efecto que tiene la independencia individual en la distribución del tamaño de las comunidades es únicamente dicotómico. Cuando es casi inexistente, conduce a un régimen de uniformidad, desapareciendo su efecto sobre la distribución a partir de cierto nivel. En

términos de intención de voto, esto quiere decir que si los individuos tomaran sus decisiones electorales de manera más independiente, se conseguiría el mismo nivel de concentración del voto, pero cambiaría con más frecuencia la importancia relativa de los partidos de una elección a otra. Así, pese a que el bipartidismo seguiría gozando de la misma fuerza (mucho o poca), los partidos que lo integrarían cambiarían con más frecuencia.

Como hemos visto, la dinámica del modelo reproduce una de las propiedades más características de las sociedades humanas, la distribución altamente sesgada a la derecha de los tamaños de las comunidades. El modelo sugiere un resultado relacionado con el anterior. Resulta que cuanto más intolerante sea una sociedad, menos sesgada es dicha distribución, es decir, hay menos diferencias de tamaño entre las comunidades que emergen. En cambio, el nivel de independencia individual no tiene efecto en el sesgo producido.

Al aumentar la densidad poblacional, se obtiene un menor número de comunidades, debido a que los individuos cercanos entre dos comunidades actúan como puentes, ayudando a uniformizar la sociedad hacia un menor número de comunidades. Una mayor densidad poblacional puede conseguirse disminuyendo el número de características sociales consideradas consciente o inconscientemente como importantes a la hora de interactuar con los demás o bien aumentando considerablemente la población que conforma la sociedad. Una reducción en las dimensiones requiere un descenso poblacional muy cuantioso para compensar el efecto. Esto es especialmente relevante, porque una reducción drástica en el número de comunidades puede tener su origen en que los individuos evalúen su afinidad con los demás en base a un menor número de intereses comunes. De modo que otras dimensiones del individuo son consideradas secundarias o pasadas por alto a la hora de valorar el grado de similitud interpersonal. La propaganda y el carácter de una sociedad tienen mucho que decir al respecto. Éstos y otros resultados pueden ser utilizados con fines propagandísticos, por ejemplo, para reducir la emergencia de comunidades extremistas.

El modelo debe capturar las propiedades básicas del sistema bajo estudio. Para otorgarle robustez a la dinámica propuesta, el modelo es validado por dos vías. La primera es teórica y consiste en reproducir diversos patrones que son observados en fenómenos sociales reales influidos por la emulación, como son las modas, las tendencias de opinión, las dinámicas de consumo o la política. Como estos patrones han sido obtenidos a partir del modelo sin haberlos tenido en cuenta durante su diseño,

sirven para validar la dinámica del modelo. En este sentido el modelo es capaz de reproducir las fluctuaciones de las áreas de tendencia, el cambio de liderazgo, la desaparición y el resurgimiento de áreas, y la lucha que se produce principalmente entre áreas adyacentes. Sin pérdida de generalidad, el significado de las áreas de tendencia es fácilmente entendible cuando se interpretan desde el punto de vista de la ideología política. Una ideología política puede ser seguida en un momento concreto por varias formaciones políticas o incluso por ninguna. Entre ellas se producen fluctuaciones de poder, debido fundamentalmente a la lucha entre ideologías cercanas, que provocan que, eventualmente, alguna consiga el liderazgo, otras desaparezcan o incluso algunas, tras largos periodos de inactividad, resurjan. También se reproduce una propiedad presente en los sistemas reales, las áreas no suelen tener el mismo peso. De hecho, el área dominante suele encontrarse en la zona central, aunque existen casos reales en los que posiciones extremas se convierten en mayoritarias. Alemania en los años 30 es un ejemplo dramático de ello. Como sucedió en tal ocasión, el modelo sugiere que una mayor intolerancia conduce a que las posiciones se vuelvan más extremas. No obstante, la evidencia muestra que las posiciones dominantes suelen ser moderadas, no sólo en lo referente a la política, sino a la opinión pública, a los patrones de consumo y en suma, a los fenómenos sociales en los que el modelo sea aplicable. Esto sugiere que niveles elevados de intolerancia no son habituales. Por su parte, el nivel de independencia del individuo (nivel de acceso a información global) no influye en la radicalización. Ambos resultados pueden ser de ayuda a la hora de elaborar políticas para contener tales efectos. En el siguiente modelo (ver más adelante), se constató empíricamente que el uso de las TICs influye en ambos factores, disminuyendo la radicalización de los individuos, lo cual tiene importantes connotaciones normativas.

La segunda vía de validación consiste en seleccionar algunos escenarios del mundo real, registrar las propiedades que se observan en cada caso y compararlas con las diagnosticadas teóricamente por el modelo. En este caso, se realizó un estudio experimental basado en una encuesta de opinión social a 1850 individuos. Este estudio fue realizado *a posteriori*, y por tanto, no se ha tenido en cuenta en las especificaciones del modelo. Dos parámetros fueron calibrados empleando dos de las variables agregadas. En cada caso, el valor de la tercera variable fue anticipada correctamente por el modelo. Además de lo anterior, la posición relativa de los parámetros calibrados por escenarios es la predicha por el modelo, dando un segundo indicio de confirmación de la dinámica. En consecuencia, por esta vía empírica, los resulta-

dos volvieron a ser consistentes con los predichos teóricamente. Ambas validaciones otorgan mayor solidez a la dinámica propuesta, cuyas especificaciones ya de por sí, están basadas en la evidencia empírica.

Modelo de difusión de innovaciones

Las innovaciones han sido frecuentemente ignoradas por la teoría económica tradicional, pese a estar relacionadas con aspectos tan importantes como el nivel de desempleo o el crecimiento económico. Es más, las innovaciones se encuentran en el núcleo del sistema económico, al ser un requisito imprescindible para que existan los mecanismos de competencia del mercado, y por ende, para que la economía pueda evolucionar. No obstante, la irreversibilidad de sus dinámicas y otros aspectos la hacen difícil de estudiar siguiendo el enfoque tradicional. Una orientación evolutiva y constructivista, como la seguida por la Economía Evolutiva, que vea el fenómeno como un proceso y no como un *shock* externo a un estado de equilibrio, se hacen necesarias para su estudio. La difusión de innovaciones se presenta como un área –de creciente peso en los últimos años– que tiene como objetivo determinar las dinámicas subyacentes a las innovaciones, ayudando al entendimiento de este fenómeno económico.

El objetivo del segundo capítulo consiste en profundizar en los factores que influyen en la difusión de innovaciones –con especial énfasis en los relacionados con las TICs– a fin de obtener unas líneas generales que sirvan como ayuda –a empresas e instituciones– en la toma de decisiones para difundir una innovación. En concreto, se trata de determinar cómo el uso de las TICs puede afectar al diseño de la política de marketing de lanzamiento –momento, intensidad y selección de los primeros adoptantes– e influir en la difusión de las innovaciones –saturación y/o velocidad. El uso de las TICs es un factor que va cobrando mayor peso en un mundo cada vez más interconectado y global, pero ha sido poco estudiado debido a su incipiente desarrollo.

En este estudio proponemos un modelo computacional de difusión de innovaciones que dota a los individuos de una racionalidad social basada en mecanismos de emulación para tomar decisiones de consumo. El modelo propuesto es capaz de generar la dinámica social subyacente a los procesos de consumo –y en particular al

de difusión de innovaciones— a través de comunidades de consumidores potenciales que se crean endógenamente a partir —esencialmente— de mecanismos de emulación. Una de las propiedades más conocidas que se observa en los mercados reales, es el patrón en forma de S en la tasa de adopción. Éste desempeña un rol crucial en la teoría del ciclo de vida del producto y es replicado por el modelo. Esta validación teórica otorga plausibilidad a la dinámica propuesta. Sin embargo, el estudio no sólo supone un paso adelante en la formalización teórica que atañe a la difusión de innovaciones, sino que también tiene un marcado carácter aplicado.

Para ello, se emplea la misma encuesta social a 1850 individuos utilizada en el primer capítulo para hacer una validación empírica de los parámetros del modelo, la cual determina que el uso de las TICs influye positivamente en dos factores del modelo —el nivel de interconexión de los individuos y cómo de global es el acceso a la información—, y por ende, pueden ser controlables por las instituciones públicas.

Tras un gran número de simulaciones se llega a la conclusión de que potenciar el uso de las TICs aumenta la velocidad de difusión de innovaciones, aunque es indiferente respecto a la tasa de mercado alcanzada —saturación de mercado— a la par que reduce el riesgo al elegir una política de marketing de difusión sub-óptima. Así, desde un punto de vista práctico, se puede adoptar la más económica sin perder eficacia y además con menos incertidumbre asociada. Este hallazgo es contrario a la tendencia actual, en la que las empresas se obsesionan por recopilar toda la información posible sobre sus clientes, un creciente número de datos (*BigData*), que según este estudio es cada vez más innecesario, implicando un creciente derroche de recursos. Esto es debido a que si bien, las TICs han hecho que las empresas tengan acceso a más datos sobre los consumidores, también han hecho que sean necesarios menos datos para llegar al consumidor, al transformar radicalmente la estructura de interacción social. Nótese que el efecto de las TICs no es debido a que los consumidores las empleen para informarse mejor, de hecho este mecanismo ni siquiera es considerado, sino debido a que su uso por los individuos —sea con fines comerciales o no— transforma la estructura de interacción social, sus comunidades, condicionando las decisiones cotidianas de los individuos, y en particular, las de consumo.

Otros factores más clásicos han sido abordados por el estudio, dando lugar a algunas pautas prácticas de interés para optimizar los recursos destinados a maximizar la difusión de innovaciones. Cuando el diferencial entre la imagen de marca

y de sus sustitutivos no es demasiado pequeño, éste no ejerce gran influencia sobre difusión de innovaciones –velocidad ni saturación– ni sobre el riesgo de elegir una estrategia sub-óptima. Sin embargo, cuando es reducido ambos caen drásticamente, a la par que se incrementa la incertidumbre en la toma de decisiones estratégica, lo que puede poner en peligro a toda la campaña de lanzamiento. Para evitarlo, la empresa debe diferenciarse aumentando la posicionalidad de su bien. En caso de que la idiosincrasia particular de la demanda o el producto lleve a una tasa de abandono muy elevada, la empresa no podrá emprender ninguna acción directa para corregirlo, pero lo podrá compensar incrementando adicionalmente su imagen de marca en relación al de sus sustitutivos. Esto enfatiza la importancia que tiene que el producto tenga una imagen de marca superior a sus sustitutos, pero desmitifica la afirmación de que cuanto mayor sea, mejor será para la empresa. Con una pequeña diferencia es suficiente, a partir de entonces, la mejora marginal que aporta es limitada, mientras que los costes se disparan.

Comentarios similares se pueden hacer respecto a la intensidad de la campaña de lanzamiento que la empresa decida llevar a cabo, medida en términos de la proporción de adoptantes tempranos que se espera alcanzar para iniciar la difusión de la innovación. Esto se puede hacer regalando el producto a ciertos individuos, dándoles muestras –cuando sea posible–, promocionándolo con productos complementarios, otorgando descuentos, etc. Lógicamente, si la intensidad es insuficiente, el proceso no se iniciará o será extremadamente lento y de poco éxito en cuanto a la saturación se refiere. Hay que evitar a toda costa campañas poco intensas, pero sin invertir tampoco demasiados recursos, puesto que a partir de cierta cantidad no tiene efecto sobre la difusión –saturación ni velocidad– ni sobre la política llevada a cabo, de manera que a partir de entonces, todo recurso extra destinado a tal fin será fuente de ineficiencia en la gestión.

También determinamos el efecto que tienen las TICs sobre la importancia de elegir bien el momento de entrada al mercado. La política de marketing elegida tiene mayor impacto en la velocidad de difusión cuanto mayor sea la madurez del mercado, aunque prácticamente nulo sobre la saturación del mercado. Por tanto, cuanto más maduro sea, mayor es el riesgo asociado a implementar una política sub-óptima.

Además de los resultados específicos del modelo de difusión anteriormente expuestos, es importante hacer hincapié en la formalización de la dinámica. El modelo

en sí mismo supone un paso adelante en este sentido, ya que formaliza una dinámica que es plausible desde el punto de vista empírico, teniendo en cuenta que antes sólo existía un conocimiento fragmentario sobre los componentes de ésta, a veces formalizados, mientras que otras veces sólo descritos verbalmente.

Modelo de mercado de consumo

En el capítulo tercero, se introduce un modelo computacional estocástico capaz de caracterizar a un mercado de consumo discrecional compuesto por productos heterogéneos en sus características, que son adaptados continuamente para satisfacer deseos de consumo socialmente adquiridos y que, lejos de ser estáticos, co-evolucionan sin parar –esencialmente– por la interacción social entre consumidores.

Aunque hasta cierto punto son parecidos, este modelo tiene diferencias esenciales con el anterior de difusión de innovaciones. En primer lugar, en el modelo de innovaciones se introducía al mercado un producto homogéneo, mientras que en éste el producto es heterogéneo en sus características. En segundo lugar, en el anterior, sólo los consumidores estaban representados en un espacio de características sociales y el producto no estaba representado al ser homogéneo, por lo que en el espacio de características estaba representado el estilo de vida del individuo o su forma de ver el mundo, mientras que en este modelo, tanto el producto como el consumidor, son representados en un espacio de características comerciales socialmente interpretadas, por lo que se está representando, por una parte, las características del producto demandado, y por otra, las del producto ofertado, ambos en el mismo espacio. En tercer lugar, en el anterior, eran los estilos de vida los que co-evolucionaban, creándose comunidades de carácter social, que indirectamente influían en la decisión de compra, mientras que en éste las características del producto deseado co-evolucionan por emulación, pero la decisión de compra se basa principalmente en la distancia entre el producto deseado y el ofertado. En cuarto lugar, se introduce una dinámica para los oferentes, que ahora compiten directamente y se adaptan a la demanda. En último lugar, el producto al que se refiere cada modelo es diferente, si bien hay algunos nexos comunes.

A lo largo de los últimos años se han ido desvelando toda una serie de evidencias empíricas sobre el comportamiento del individuo –consumidor y productor– que, sin

embargo, han sido sistemáticamente ignoradas debido a la dificultad analítica que introducen. El objetivo del modelo consiste en determinar qué propiedades industriales se desprenden de éstas. Tres parámetros exclusivamente de demanda –la exigencia del consumidor, la fragmentación de la demanda y la lealtad del consumidor– son capaces de explicar todas las propiedades industriales obtenidas del modelo, incluso aquellas que, como la estructura industrial, han sido tradicionalmente explicadas desde el lado de la oferta.

Algunas propiedades, como el ciclo de vida, son bien conocidas. La reproducción de estas propiedades es empleada a modo de validación teórica de la dinámica del sistema, en tanto en cuanto, no han sido tenidas en cuenta en las especificaciones del modelo.

Sin embargo, es sabido que algunas propiedades, como el patrón en forma de S en la tasa de adopción, no siempre están presentes en las industrias, sino que dependen de ciertas circunstancias. La principal novedad del estudio consiste en que estos nuevos condicionantes son del lado de la demanda, por lo que complementa a los ya conocidos de la oferta. Nuestro modelo revela que la fase de turbulencia y el patrón en forma de S sólo emergen para industrias con consumidores muy exigentes, lo que plantea una serie de preguntas que pueden ser respondidas en futuros trabajos empíricos: si hay industrias que no presentan estas propiedades, ¿puede ser debido al nivel de exigencia de la demanda? Y lo más importante, en caso de ser así, ¿no debe tener la demanda un rol más activo del que habitualmente se le atribuye?

Más interesante aún son aquellos patrones, desconocidos hasta la fecha, que han sido diagnosticados teóricamente por el modelo. En la industria vinícola se han encontrado empíricamente dos de ellos, los cuales relacionan la estructura industrial y la exigencia del consumidor. La confirmación empírica de un patrón inesperado, sólo predicho por el modelo, supone una validación empírica de la dinámica propuesta.

Todos estos resultados teóricamente diagnosticados –condicionantes y patrones– restringen y alientan la búsqueda empírica, reforzando una interesante co-evolución entre el método empírico y el teórico.

Todas las propiedades industriales son explicadas con un enfoque evolutivo, constructivista a partir de parámetros que son exclusivamente del lado de la demanda. Esta orientación es especialmente novedosa en el estudio de la estructura industrial. Pese a ser una de las propiedades del mercado que más han capturado la atención

del mundo académico, ha sido tradicionalmente explicada desde un enfoque estático, categórico –discreto– y del lado de la oferta.

La dinámica propuesta es capaz de generar infinitas estructuras industriales como un continuo, incorporando las tradicionales –monopolio, oligopolio, competencia, etcétera– como casos particulares. Algunas estructuras industriales tradicionalmente ignoradas, como los mercados sin oferta o con oferta muy limitada, son también generadas.

En concreto, una exigencia moderada del consumidor y una mayor lealtad a la marca reducen el nivel de competencia en la industria, propiciando la aparición de estructuras industriales menos competitivas –como los oligopolios– en la madurez. La fragmentación de la demanda no tiene un efecto único en el nivel de competencia, sino que depende del nivel de exigencia del consumidor para que juegue a favor o en contra. Aquellas industrias caracterizadas por una demanda muy dispersa y unos consumidores muy exigentes, tendrán en la madurez una estructura industrial atípica de oferta limitada, donde parte de la demanda quedará insatisfecha. Pudiera darse el caso de que la demanda estuviese tan fragmentada y los consumidores fueran tan exigentes, que ninguna empresa tuviera incentivo para entrar, quedando la demanda completamente desabastecida.

Sin embargo, una lealtad a la marca muy elevada, induce siempre situaciones oligopolísticas en la madurez, en particular, al monopolio si los consumidores son poco exigentes. La lealtad extrema hace que este factor eclipse a los demás, por lo que es una forma muy atractiva de conseguir poder de mercado.

El estudio revela que distintas combinaciones de estos factores pueden conducir a la misma estructura industrial durante la madurez. Así, dos industrias en un régimen de competencia pueden tener su origen en dos realidades muy diferentes, una con consumidores tan exigentes que fueren a los productores a afinar sus productos en extremo y otra con consumidores tan poco exigentes que lleven a que un producto dirigido a un consumidor representativo sea suficiente. Por supuesto, una visión más profunda nos pone en relieve que realmente no son regímenes idénticos, uno es de competencia local, mientras que el otro global.

La estructura industrial y otras propiedades no son las mismas durante su desarrollo que durante la madurez. Por ejemplo, la estructura industrial evoluciona desde el monopolio del pionero hasta una estructura –habitualmente más competitiva– du-

rante la madurez. Por ello, el modelo estudia la evolución de sus propiedades a lo largo de todo el ciclo de vida industrial, lo cual es de vital importancia para entender el origen de algunas de ellas.

Algunos factores de la demanda pueden influir en la velocidad con la que la industria alcanza la madurez. Cuando los consumidores son pocos exigentes y/o la fragmentación de la demanda es baja, la madurez industrial se retrasa. Lo curioso es que dichas industrias son menos competitivas de lo normal en sus primeras etapas, pero más de lo normal en su madurez.

Este y otros resultados ponen de manifiesto que una misma propiedad en la madurez –como la estructura industrial–, puede ser inducida por mecanismos completamente diferentes, incluso describir industrias completamente diferentes, lo cual tiene implicaciones normativas muy interesantes, pues no hacer las distinciones oportunas, podría llevar a elaborar políticas económicas erróneas.

Una empresa tiene dos vías de influir sobre los factores de demanda estudiados. Con el marketing comercial puede incidir en la exigencia y lealtad del consumidor, mientras que con el marketing social, en la fragmentación de la demanda. Un oferente podría reducir la fragmentación de la demanda para ofrecer un producto más estandarizado, con la reducción de costes que ello implica. Otro que actualmente esté atendiendo uno de los nichos de mercado más atractivo, podría protegerse aumentando la barreras de entrada, lo que según revela el modelo, puede conseguirse al aumentar la exigencia del consumidor. La empresa puede emplear los resultados aquí expuestos a fin de ayudar a reforzar su posición en el mercado, poniendo de manifiesto el marcado carácter aplicado del estudio.

Resultados y aportaciones generales

Anteriormente hemos comentado los resultados más relevantes de cada uno de los modelos estudiados. No obstante, éstos también han supuesto varias contribuciones de carácter general que pasaremos a enumerar.

La primera consiste en la formalización. Hasta el momento, no todas las propiedades habían sido explicadas mediante modelos formales, sino desde un punto de vista exclusivamente empírico. Por ejemplo, el modelo de emulación captura las

dinámicas de co-evolución y transformación social que llevan a que los individuos se aglutinen en comunidades. Algunas de sus propiedades, como que las corrientes ideológicas mayoritarias suelen ser de centro han sido empíricamente estudiadas. En este estudio se ha establecido el proceso teórico que la provoca.

La segunda está estrechamente relacionada con la anterior y consiste en la generalización que supone que una única dinámica ofrezca una explicación común a todas las propiedades consideradas. Lo habitual es recurrir a modelos *ad hoc*, no siempre formales, encargados de estudiar aisladamente los condicionantes de alguna propiedad, como por ejemplo, determinar las circunstancias que favorecen la aparición de ideologías extremistas.

La tercera también está muy relacionada con la primera y consiste en determinar las causas de aquellas propiedades de las que aún no se sabe qué las provoca. Por ejemplo, en el modelo de emulación se desconocía qué provocaba que las sociedades humanas suelen estar formadas por comunidades de tamaño muy dispar. Por su parte, el modelo de consumo también ha ofrecido nuevos determinantes para una propiedad de especial relevancia en los mercados, la estructura industrial.

La cuarta consiste en descubrir algunos patrones aún no documentados. Por ejemplo, en el modelo de consumo se revela que las industrias presentan una tasa de entrada decreciente conforme avanzan por el ciclo de vida industrial, aunque aquellas caracterizadas por un alto nivel de exigencia del consumidor, presentan una primera fase de crecimiento antes de empezar a decrecer. Estos resultados teóricos requerirán futuros trabajos empíricos para determinar si existen tales patrones, reforzando la colaboración existente entre el enfoque teórico y el empírico.

La quinta consiste en obtener modelos descriptivos válidos, esto es, con dinámicas plausibles. Las dinámicas de todos los modelos han sido validadas doblemente. En primer lugar, reproduciendo cualitativamente los patrones documentados en la literatura (validación teórica). Por ejemplo, el modelo de innovaciones reproduce el conocido patrón en forma de S en la tasa de adopción del producto. Y en segundo lugar, hallando empíricamente algún patrón o propiedad diagnosticada teóricamente por el modelo, pero desconocida hasta la fecha (validación empírica). Por ejemplo, el resultado más relevante e inesperado del modelo de consumo, el patrón altamente no lineal de la exigencia del consumidor es encontrado en la industria vinícola española. Esta doble validación, implica que la dinámica propuesta en cada modelo, captura

la esencia de la dinámica real del sistema, otorgando fundamento a las conclusiones que se puedan extraer de ella.

La sexta consiste en la explicación constructivista. Todas las propiedades agregadas son generadas endógenamente a partir de la interacción reiterada entre individuos. En el modelo de emulación, las comunidades surgen de individuos que se agrupan tras un sinfín de pequeñas interacciones sociales. Estas comunidades son especialmente relevantes en el modelo de innovaciones, pues la velocidad de difusión –incluso su éxito– depende de éstas y, por ende, de la interacción entre consumidores. En el modelo de consumo, dichas comunidades determinan los nichos que conformarán el mercado y, por ende, las decisiones de consumo, de las cuales dependen propiedades tan importantes como la estructura industrial. Esta orientación constructivista está ligada al diseño modular del sistema, lo que posibilita conectarlo con otros sistemas abiertos o extenderlo con nuevas especificaciones que permitan estudiar fenómenos relacionados. El lector puede observar que, tanto el modelo de innovaciones como el de consumo se apoyan en el de emulación para dotar a los consumidores de una estructura dinámica de interacción social. En este sentido, ningún modelo de los aquí presentados, puede considerarse como un trabajo de investigación acabado, diversas extensiones pueden ser llevadas a cabo.

La séptima es la explicación evolutiva de las propiedades de los modelos. Por ejemplo, las comunidades del modelo de emulación no son estáticas ni preestablecidas, sino que emergen de la co-evolución social. En el modelo de consumo, la estructura industrial es transformada gradualmente, pasando continuamente de una a otra sin saltos cualitativos. No es lo mismo describir una propiedad –el oligopolio– que explicar el proceso que la produce. La explicación evolutiva es crucial para diseñar políticas económicas acertadas.

La octava es el carácter aplicado del estudio. Los resultados de los modelos pueden servir de apoyo a instituciones y empresas en la toma de decisiones. Por ejemplo, algunos resultados del modelo de emulación podrían ser usados para diseñar una campaña propagandística que permitiera reducir la aparición de extremismos ideológicos, de especial relevancia para evitar el surgimiento de totalitarismos y de amenazas terroristas como consecuencia de la radicalización de parte de la sociedad. Otros sugerirían cómo inducir o hundir un bipartidismo. Algunos de los resultados del modelo de innovaciones podrían ser usados por empresas e instituciones a fin de mejorar la difusión de innovaciones y reducir el riesgo asociado a implementar

una estrategia de lanzamiento sub-óptima. Esto tiene un importante impacto en la eficiencia de las empresas y, por ende, en la fortaleza y dinamismo del tejido empresarial del país. El modelo de consumo también tiene un carácter aplicado, algunos de sus resultados indican qué factores pueden ser controlados por la empresa a fin de aumentar su posición en el mercado. Dichos resultados podrían ser empleados también por instituciones con el fin de desarrollar políticas económicas que fomenten la competencia industrial. Esto reviste especial importancia para evitar que algunos actores se hagan con un poder de mercado excesivo que comprometa la eficiencia de los mercados.

Resumen metodológico

Como puede verse, en los tres modelos, la forma de proceder es similar. En primer lugar, el modelo siempre es construido siguiendo especificaciones procedentes de la literatura empírica, no sólo en Economía Experimental, sino también en Psicología, Sociología o Marketing. Habitualmente son referidas al comportamiento del individuo, pero no siempre. Mediante simulación computacional, se obtienen las propiedades a nivel agregado que se derivan a partir de ellas. Su objetivo es determinar la conexión micro-macro, esto es, entre un conjunto de especificaciones a nivel micro (a nivel de individuo) y el fenómeno o patrón obtenido en el nivel macro (a nivel social). Algunas veces estaremos interesados en identificar las condiciones suficientes para obtener un determinado fenómeno, mientras que otras en determinar el fenómeno a nivel agregado que se deriva de un conjunto de especificaciones a nivel micro. Sea como sea, estas conexiones micro-macro no suelen ser triviales.

En algunas, tanto la causa como la propiedad son conocidas. Como esta relación ha sido obtenida a partir del modelo sin haberla tenido en cuenta durante su diseño, sirve para validar la dinámica del modelo. Otra consiste en la búsqueda empírica de propiedades que han sido teóricamente diagnosticadas por el modelo, pero que sin embargo, eran desconocidas hasta la fecha. Ambas validaciones han sido llevadas a cabo en los tres modelos, dando mayor solidez a la dinámica propuesta.

En ocasiones, se obtiene una propiedad conocida, pero la causa es nueva. En este caso se obtienen explicaciones alternativas, alentando la búsqueda empírica dirigida a corroborar dicha relación. Más interesante aún es cuando se obtengan propiedades

totalmente nuevas. En este caso, no sólo se predicen teóricamente sus posibles causas, sino que la propiedad –en sí misma– nunca había sido observada. Esto abre las puertas –doblemente– a la investigación empírica, que traerá nuevo conocimiento que puede ser incorporado en futuros modelos computacionales. Como puede verse la metodología empleada abre una interesante co-evolución entre la investigación teórica y la empírica, haciendo que ningún trabajo de investigación quede cerrado.

Los detalles técnicos de la simulación computacional llevada a cabo en este trabajo se comentan a continuación. En primer lugar, para el estudio del modelo de emulación ha sido necesario acometer un total de 310,872,289 ciclos de simulación, que de haber sido realizados en serie¹⁹ –uno tras otro– habrían supuesto más de 49 días de ejecución ininterrumpida. Estas simulaciones han generado un total de 4,239,937,557 registros, lo que supone²⁰ un espacio de almacenamiento en disco de 199 Gb. Todas las simulaciones de este modelo fueron realizadas en el clúster de computación del Instituto de Física Interdisciplinar y Sistemas Complejos (IFISC), entidad dependiente de la Universidad de Mallorca y el Centro Superior de Investigaciones Científicas.

Por su parte, el estudio del modelo de innovación requirió acometer un total de 16,271,689,721 ciclos de simulación, que de haber sido realizados en serie habrían supuesto más de 7 años de ejecución ininterrumpida, generándose un total de 220,435,255,207 registros, lo que equivale a un espacio de almacenamiento en disco de 10,343 Gb. Todas las simulaciones de este modelo fueron realizadas en el Centro de Computación Científica de la Universidad Autónoma de Madrid.

Por último, para el modelo de consumo se llevaron a cabo 116,965,867,181 ciclos de simulación (unos 50 años de ejecución ininterrumpida en serie), generándose un total de 3,217,121,201,353 registros (un espacio aproximado de almacenamiento de 150,944 Gb). De nuevo, las simulaciones de este último modelo fueron realizadas en el Centro de Computación Científica de la Universidad Autónoma de Madrid.

¹⁹El clúster de computación empleado ha permitido realizarlo con aproximadamente 150 ejecuciones en paralelo de manera ininterrumpida.

²⁰El volumen de datos finales es menor al ser agregados estadísticamente y emplear sistemas de compresión 9 : 1 para su almacenamiento.

Expectativas y líneas futuras de investigación

El modelo básico de emulación introducido en el primer capítulo de la presente memoria, y que constituye el soporte de formalización de la interacción social de los dos modelos posteriores, ya ha sido publicado en 2014 en el *Journal of Artificial Societies and Simulation*, revista científica con un JCR de 1.131 en los últimos 5 años (Fernández-Márquez y Vázquez (2014)).

Dado lo reciente de las investigaciones desarrolladas en el capítulo tercero, sus resultados se encuentran todavía en fase de revisión editorial. En concreto, el modelo de mercado de consumo ha dado lugar a la elaboración de tres artículos de índole económica para su posible publicación. El primero es esencialmente de carácter computacional. Se detalla una reducción paramétrica –estadística– que señala que sólo tres de los parámetros inicialmente contemplados tienen un efecto significativo en el estado del sistema. Empleando estos parámetros se diagnostica teóricamente un patrón totalmente inesperado. Éste relaciona de manera no lineal la exigencia del consumidor con el número de productores y la concentración industrial. Pese a parecer un artificio del sistema, el patrón es encontrado empíricamente, empleando para ello un estudio experimental de la industria vinícola que es incorporado al artículo, alentando así, la búsqueda empírica del patrón en otras industrias. El segundo artículo se centra principalmente en estudiar las dinámicas del sistema, cuyas especificaciones han sido sustentadas en la literatura económica y en la evidencia empírica. El tercero se encarga de reproducir diversos patrones agregados recogidos en la literatura empírica, algunos a efecto de validación teórica, otros incorporando explicaciones alternativas desde el lado de la demanda, mientras que otros nunca habían sido observados antes. Este artículo pretende alentar la búsqueda empírica de todo aquello diagnosticado teóricamente desde el modelo, a la vez que le da robustez y factibilidad a la dinámica propuesta.

Por su parte, el modelo de innovación del segundo capítulo fue el que cronológicamente se abordó en último lugar, por lo que en la actualidad estamos iniciando la redacción en formato de artículo de sus principales resultados.

Para finalizar comentaremos algunas de las posibles y más prometedoras líneas de trabajo futuro de cada uno de los tres modelos presentados. El modelo de emulación, al ser el más abstracto de todos, es el más flexible y permite ser extendido a un mayor

número de ámbitos. Su dinámica puede emplearse para caracterizar los procesos de votación política, donde la opinión de los demás es muy importante. En este caso, habría que dotar a los individuos de ciertos mecanismos de *feedback* que les permitan determinar las consecuencias de sus decisiones, así como introducir un plano formado por partidos políticos que se adapten a las exigencias de su electorado, produciéndose una co-evolución. Otro ámbito de aplicación puede encontrarse en la especulación financiera. Incorporándole algunas nuevas especificaciones, se podrían estudiar los mecanismos de formación del precio, las tendencias, los *cracks* y la distribución de la riqueza que emerge del sistema. Un último ámbito de aplicación directa consiste en estudiar los mecanismos de emulación entre productores.

El modelo de innovación, puede ser extendido a varios productos heterogéneos, a consumidores que sean conscientes de la comunidad en la que se encuentran, inclusive considerar la posibilidad de que las propias comunidades introduzcan reglas de actuación, lo que supondría una forma de interacción vertical entre individuos y las instituciones que surgen a partir de ellos.

El modelo de consumo admite toda una suerte de extensiones inmediatas. La primera sería conectarlo con otros subsistemas de la economía, de manera que lo que ahora es un parámetro constante, como la probabilidad de quiebra, sea establecido endógenamente a partir de un subsistema financiero. Su carácter modular, su flexibilidad y su orientación constructivista, lo harían posible. Otra opción sería incorporar accionistas dotados con reglas de inversión para comprar otras empresas que ofrecen distintos productos. Se podría estudiar las estructuras industriales de grupos empresariales que emergerían y bajo qué circunstancias predominaría la diversificación/concentración como estrategia alcanzada tras el proceso de co-evolución. La tercera consistiría en introducir los mecanismos que conectan la oferta con la demanda, como en el caso de la publicidad. Dotar de un papel más activo al lado de la oferta, podría conducir a resultados inesperados.

Como ya se ha apuntado, todas las líneas de investigación empírica quedan abiertas, para corroborar, rechazar o refinar los resultados teóricos obtenidos en los tres modelos.

Bibliografía

- Anderson, J. R. (2000), *Cognitive Psychology and its Implications*. Worth Publishers, New York.
- Aoki, M. y Yoshikawa, H. (2002), Demand saturation-creation and economic growth. *Journal of Economic Behaviour and Organization*, vol. 48, no. 2, 127-54.
- Arthur, W. B. (1994), Inductive Reasoning and Bounded Rationality. *The American Economic Review*, vol. 84, no. 2, 406-411.
- Aversi, R., Dosi, G., Fagiolo, G., Meacci, M. y Olivetti, C. (1999), Demand dynamics with socially evolving preferences. *Industrial and Corporate Change*, vol. 8, no. 2, 353-408.
- Axelrod, R. (1986), An evolutionary approach to norms. *The american political science review*, vol. 80, no. 4, 1095-1111.
- Axelrod, R. (1997), *The Complexity of Cooperation*. Princeton, NJ: Princeton Univ. Press.
- Battaglini, M. (2005), Sequential voting with abstention. *Games and Economic Behavior*, vol. 51, no. 2, 445-463.
- Baudrillard, J. (1981), *For a critique of the political economy of the signs*. St. Louis: Telos Press.
- Becker, G. S. (1996), *Accounting for tastes*. Cambridge: Harvard University Press.
- Berscheid, E. (1985), Interpersonal attraction. In G. Lindzey & E. Aronson (Eds.) *Handbook of social psychology*, vol. 2, 413-484.
- Bianchi, M. (ed.) (1998), *The Active Consumer*. Routledge, London.

- Bottazzi, G., Cefis, E., Dosi, G. y Secchi, A. (2003). Invariances and diversities in the evolution of manufacturing industries (No. 2003/21). LEM Working Paper Series.
- Bottazzi, G. y Secchi, A. (2003). Common properties and sectoral specificities in the dynamics of US manufacturing companies. *Review of Industrial Organization*, vol. 23, no. 3-4, 217-232.
- Bottazzi, G. y Secchi, A. (2005), Growth and Diversification Patterns of the Worldwide Pharmaceutical Industry. *Review of Industrial Organization*, vol. 26, no. 2, 195-216.
- Byrne, D., Clore, G. L. y Worchel, P. (1966), Effect of economic similarity-dissimilarity on interpersonal attraction. *Journal of Personality and Social Psychology*, vol. 4, no. 2, 220-224.
- Byrne, D. (1971), *The attraction paradigm*. New York: Academic Press.
- Byrne, D. (1997), An overview (and underview) of research and theory within the attraction paradigm. *Journal of social and Personal Relationship*, vol. 14, no. 3, 417-431.
- Carley, K. (1991), A theory of group stability. *American Sociological Review*, vol. 56, no. 3, 331-354.
- Castellano, C., Fortunato, S. y Loreto, V. (2009), Statistical physics of social dynamics. *Reviews of modern physics*, vol. 81, no. 2, 591-646.
- Cefis, E. (2003), Persistence in innovation and profitability. *Rivista Internazionale di Scienze Sociali*, 19-37.
- Centola, D., Gonzalez-Avella, J. C., Eguiluz, V. M. y San Miguel, M. (2007), Homophily, Cultural Drift, and the Co-Evolution of Cultural Groups. *Journal of Conflict Resolution*, vol. 51, no. 6, 905-929.
- Chen, Y. F. (2008), Herd behavior in purchasing books online. *Computers in Human Behavior*, vol. 24, no. 5, 1977-1992.
- Christakis, N. A. y Fowler, J. H. (2007), The spread of the obesity in a large social network over 32 years. *New England journal of medicine*, vol. 357, no. 4, 370-379.

- Corneo, G. y Jeanne, O. (1999), Segmented communication and fashionable behavior. *Journal of economic behavior and organization*, vol. 39, no. 4, 371-385.
- Cowan, R., Cowan W. y Swann, P. (1997), A model of demand with interactions among consumers. *International Journal of Industrial Organization*, vol. 15, no. 6, 711-732.
- Cucker, F., Smale, S. y Zhou, D. X. (2004), Modeling Language Evolution. *Foundations of Computational Mathematics*, vol. 4, no. 3, 315-343.
- Deaton, A. (1992), Understanding consumption. Oxford: Oxford University Press.
- Deffuant, G., Neau, D., Amblard, F. y Weisbuch, G. (2000), Mixing beliefs among interacting agents. *Advances in Complex Systems*, vol. 3, no. 1, 87-98.
- Deffuant, G., Amblard, F., Weisbuch, G. y Faure, T. (2002), How can extremism prevail? A study based on the relative agreement interaction model. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* vol. 5, no. 4.
- Deffuant, G., Weisbuch, G., Amblard, F. y Faure, T. (2003), Simple is beautiful ... and necessary. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* vol. 6, no. 1.
- Deffuant, G. (2006), Comparing Extremism Propagation Patterns in Continuous Opinion Models. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, vol. 9, no. 3.
- Dittmer, J. C. (2001), Consensus formation under bounded confidence. *Nonlinear Analysis*, vol. 47, no. 7, 4615-4621.
- Dörner, D. (1999), Bauplan für eine Seele. Rowohlt, Hamburg.
- Dosi, G., Marengo, L. y Fagiolo, G. (1996), Learning in evolutionary environments. *Internat. Inst. for Applied Systems Analysis*.
- Dosi, G. (2007), Statistical Regularities in the Evolution of Industries. A Guide through some Evidence and Challenges for the Theory. *Perspectives on innovation*, 153-186.
- Dosi, G. y Nelson, R. R. (2010). Technical change and industrial dynamics as evolutionary processes. *Handbook of the Economics of Innovation*, vol. 1, 51-127.

- Duesenberry, J. S. (1949), *Income, saving and the theory of consumer behavior*. Harvard University Press, Cambridge.
- Dyer, J. R., Johansson, A., Helbing, D., Couzin, I. D. y Krause, J. (2008), Consensus decision making in human crowds. *Animal Behaviour*, vol. 75, no. 2, 461-470.
- Earl, P. E. (1986), *Lifestyle economics: Consumer behavior in a turbulent world*. Brighton: Wheatsheaf.
- Ellsberg, D. (1961), Risk, ambiguity, and the Savage axioms. *The Quarterly Journal of Economics*, 643-669.
- Epstein, J. M. y Axtell R. L. (1996), *Growing artificial societies: social science from the bottom up*. MIT Press, Cambridge, Mass.
- Epstein, J. M. (2001), Learning to Be Thoughtless: Social Norms and Individual Computation. *Computational Economics*, vol. 18, no. 1, 9-24.
- Evans, D. S. (1987), Tests of alternative theories of firm growth. *The journal of political economy*, 657-674.
- Feldman, J. (1962), *Computer Simulation of Cognitive Processes*. Computer applications in the behavioral sciences, Prentice-Hall.
- Fernández-Márquez, C.M. & Vázquez, F.J. (2014). A Simple Emulation-Based Computational Model. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 17 (2), 1-23.
- Fortunato, S. y Barthelemy, M. (2007), Resolution limit in community detection. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 104, no. 1, 36-41.
- Frith, C. D. y Frith, U. (2008), Implicit and explicit processes in social cognition. *Neuron*, vol. 60, no. 3, 503-510.
- Galam, S. (1997), Rational Group Decision Making: a random field Ising model at $T=0$. *Physica A*, vol. 238, no. 1, 66-80.
- Galam, S. y Wonczak, S. (2000), Dictatorship from Majority Rule Voting. *European Physical Journal B*, vol. 18, no.1, 183-186.
- Galam, S. (2005), Heterogeneous beliefs, segregation, and extremism in the making of public opinions. *Physical Review E*, vol. 71, no. 4, 46123-46127.

- Gallouj, F. y Weinstein, O. (1997), Innovation in services. *Research policy*, vol. 26, no. 4, 537-556.
- Gargiulo, F. y Mazzoni, A. (2008), Can Extremism Guarantee Pluralism?. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* vol. 11, no. 4.
- Gschwandtner, A. (2005), Profit persistence in the ‘very’long run: Evidence from survivors and exiters. *Applied Economics*, vol. 37, no. 7, 793-806.
- Gualerzi, D. (2001). *Consumption and growth: Recovery and structural change in the US Economy*. Edward Elgar Publishing.
- Hanneman, R. A., Collins, R. y Mordt, G. (1995), Discovering theory dynamics by computer simulation: experiments on state legitimacy and imperialist capitalism. *Sociological methodology*, vol. 25, 1-46.
- Hegselmann, R. y Krause, U. (2002), Opinion Dynamics and Bounded Confidence Models, Analysis and Simulation. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, vol. 5, no. 3.
- Hirsch, F. (2005), *Social limits to growth*. Routledge.
- Hodgson, G. (2000), The hidden persuaders. Institutions and choice in economic theory. University of Hertfordshire, Inaugural Lecture.
- Holland, J. (1995), *Hidden Order: How adaptation builds complexity*. Reading, MA: Perseus.
- Ironmonger, D. S. (1972), *New commodities and consumer behaviour*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Kacpersky, K. y Holyst, J. (2000), Phase transition as a persistent feature of groups with leaders in models of opinion formation. *Physica A.*, vol. 287, no. 3, 631-643.
- Kandel, D. B. (1978), Homophily, Selection, and Socialization in Adolescent Friendships. *American Journal of Sociology*, vol. 84, no. 2, 427-436.
- Kenrick, D. T., Maner, J. K., Butner, J., Li, N. P., Becker, D. V. y Schaller, M. (2002), Dynamical evolutionary psychology: Mapping the domains of the new interactionist paradigm. *Personality and Social Psychology Review*, vol. 6, no. 4, 347-356.

- Kirman, A. (1998), On the Transitory Nature of Gurus. Working paper, EHESS and Université de Marseille III.
- Kitts, J., Macy, M. y Flache, A. (1999), Structural learning: attraction and conformity in task-oriented groups. *Comput. Computational & Mathematical Organization Theory*, vol. 5, no. 2, 129-145.
- Klepper, S. (1997), Industry life cycles. *Industrial and corporate change*, vol. 6, no. 1, 145-182.
- Klepper, S. y Thompson, P. (2006), Submarkets and the evolution of market structure. *The Rand Journal of Economics*, vol. 37, no. 4, 861-886.
- Krause, U. (2000), A discrete nonlinear and non-autonomous model of consensus formation. *Communications in Difference Equations*, 227-236.
- Kulakowski, K. (2009), Opinion polarization in the Receipt-Accept-Sample model. *Physica A.*, vol. 388, no. 4, 469-476.
- Kumar, M. (2007), A Journey into the Bleeding City: Following the Footprints of the Rubble of Riot and Violence of Earthquake in Gujarat, India. *Psychology & Developing Societies*, vol. 19, no. 1, 1-36.
- Lancaster, K. J. (1966), A new approach to consumer theory. *The journal of political economy*, vol. 74, no. 2, 132-157.
- Latané, B. y Nowak, A. (1997), Self-organizing social systems: Necessary and sufficient conditions for the emergence of clustering, consolidation, and continuing diversity. *Progress in communication sciences*, 43-74.
- Leiss, W. (1983), The icons of the market place. *Theory, Culture and Society*, vol. 1, no. 3, 10-21.
- Lichtenstein, S., y Slovic, P. (1971), Reversals of preference between bids and choices in gambling decisions. *Journal of experimental psychology*, vol. 89, no. 1, 46-55.
- Liviatan, I., Trope, Y. y Liberman, N. (2008), Interpersonal similarity as a social distance dimension: Implications for perception of others' actions. *Journal of experimental social psychology*, vol. 44, no. 5, 1256-1269.
- Loasby, B. J. (1998), Cognition and innovation. *The active consumer*, London: Routledge.

- Loasby, B. (2001), Cognition, imagination and institutions in demand creation. *Journal of Evolutionary Economics*, vol. 11, no.1, 7-21.
- Lotti, F., Santarelli, E. y Vivarelli, M. (2003), Does Gibrat's Law hold among young, small firms?. *Journal of Evolutionary Economics*, vol. 13, no. 3, 213-235.
- Macy, M. W. y Willer, R. (2002), From Factors to Actors: Computational Sociology and Agent-Based Modeling. *Annual Review of Sociology*, vol. 28, 143-166.
- Malarz, K., Gronek, P. y Kułakowski, K. (2011), Zaller-Deffuant Model of Mass Opinion. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, vol. 14, no. 1.
- Malerba, F., Nelson, R., Orsenigo, L. y Winter, S. (2007), Demand, innovation, and the dynamics of market structure: The role of experimental users and diverse preferences. *Journal of Evolutionary Economics*, vol. 17, no. 4, 371-399.
- Marengo, L. y Willinger, M. (1997), Alternative Methodologies for Modeling Evolutionary Dynamics: Introduction. *Journal of Evolutionary Economics*, vol. 7, no. 4, 331-338.
- Mark, N. (1998), Beyond individual differences: social differentiation from first principles. *American Sociological Review*, vol. 63, no. 3, 309-330.
- Marschak, J. (1950), Rational behavior, uncertain prospects and measurable utility. *Econometrica*, vol. 18, no. 2, 111-141.
- Mcpherson, M., Smith-Lovin, L. y Cook, J. M. (2001), Birds of a Feather: Homophily in Social Networks. *Annual Review of Sociology*, vol. 27, 415-444.
- Metcalf, J. (2001), Consumption, Preferences and the Evolutionary Agenda. *Journal of Evolutionary Economics*, vol. 11, no. 1, 37-58.
- Miller, J. H. y Page, S. E. (2004), The standing ovation problem. *Complexity*, vol. 9, no. 5, 8-16.
- Mowery, D. C. y Nelson, R. R. (Eds.) (1999), *Sources of industrial leadership: studies of seven industries*. Cambridge University Press.
- Nelson, R. R. y Consoli, D. (2010). An evolutionary theory of household consumption behavior. *Journal of Evolutionary Economics*, vol. 20, no. 5, 665-687.

- Nelson, R. R. y Winter, S. G. (1982), *An Evolutionary Theory of Economic Change*. Belknap Press, Cambridge, Mass. and London.
- Newman, M. E. J. y Girvan, M. (2004), Finding and evaluating community structure in networks. *Physical Review E*, vol. 69, no. 2, 26113-26128.
- O'Driscoll, G. P. y Rizzo, M. J. (1985), *The economics of time and ignorance*. Routledge, London.
- Orlean, A. (1995), Bayesian Interactions and Collective Dynamics of Opinions: Herd Behavior and Mimetic Contagion. *Journal of Economic Behavior and Organization*, vol. 28, no. 2, 257-274.
- Pyka, A. y Fagiolo, G. (2007), Agent-based modelling: a methodology for neo-Schumpeterian economics. *Elgar companion to neo-Schumpeterian economics* [electronic resource], 467.
- Raafat, R. M., Chater, N. y Frith, C. (2009), Herding in humans. *Trends in cognitive sciences*, vol. 13, no. 10, 420-428.
- Randow, G. V. (2003), When the centre becomes radical. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* vol. 6, no. 1.
- Rixen, M. y Weigand, J. (2013), Agent-based simulation of policy induced diffusion of Smart Meters. *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 10, no. 5.
- Said, L. B., Bouron, T. y Drogoul, A. (2002), Agent-based interaction analysis of consumer behavior. *Proceedings of the first international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems*, ACM, Bologna, Italy, part 1, 184-190.
- Salganik, M. J., Dodds, P. S. y Watts, D. J. (2006), Experimental study of inequality and unpredictability in an artificial cultural market. *Science*, vol. 311, no. 5762, 854-856.
- Saviotti, P. P. (2001), Variety, growth and demand. *Journal of Evolutionary Economics*, vol. 11, no. 1, 119-142.
- Saviotti, P. P. y Metcalfe, J. S. (1984), A theoretical approach to the construction of technological output indicators. *Research Policy*, vol. 13, no. 3, 141-151.

- Saviotti, P. P. y Pyka, A. (2004), Economic development, qualitative change and employment creation. *Structural Change and Economic Dynamics*, vol. 15, no. 3, 265-287.
- Schelling, T. C. (1969), Models of Segregation. *The American Economic Review*, vol. 59, no. 2, 488-493.
- Shiller, R. J. (2000), *Irrational exuberance*. Princeton University Press.
- Shiller, R. J. (2002), Bubbles, human judgment, and expert opinion. *Financial Analysts Journal*, vol. 58, no. 3, 18-26.
- Smallwood, D. E. y Conlisk, J. (1979), Product quality in markets where consumers are imperfectly informed. *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 93, no. 1, 1-23.
- Sornette, D., Woodard, R. y Zhou, W. X. (2009), The 2006-2008 oil bubble: Evidence of speculation, and prediction. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, vol. 338, no. 8, 1571-1576.
- Stanley, M. H., Buldyrev, S. V., Havlin, S., Mantegna, R. N., Salinger, M. A. y Eugene Stanley, H. (1995), Zipf plots and the size distribution of firms. *Economics letters*, vol. 49, no. 4, 453-457.
- Stauffer, D. y Solomon, S. (2007), Ising, Schelling and self-organising segregation. *European Physical Journal B-Condensed Matter and Complex Systems*, vol. 57, no. 4, 473-479.
- Stigler, G. J. y Becker, G. S. (1977), De gustibus non est disputandum. *American Economic Review*, vol. 67, no. 2, 76-90.
- Swann, G. P. (1999), *Marshall's consumer as an innovator*. Essays in honour of Brian Loasby. Edward Elgar, Cheltenham.
- Teubal, M. (1979), On user needs and need determination. Aspects of a theory of technological innovation. In: Baker MJ (Ed) *Industrial innovation. Technology, policy and diffusion*. Macmillan, London, 266-289.
- Torres J. M. y Córdoba J. L. (1992), *Principios y objetivos del marketing*. Ediciones Deusto, Bilbao.

- Valente, M. (2003), A model of bounded rational consumers with endogenous preferences. SIE, University of L'Aquila (Working paper).
- Valente, M. (2012), Evolutionary demand: a model for boundedly rational consumers. *Journal of Evolutionary Economics*, vol. 22, no. 5, 1029-1080.
- Veblen, T. B. (1899), *The theory of the leisure class: an economic study in the evolution of institutions*. Macmillan, New York.
- Weisbuch, G. y Boudjema, G. (1999), Dynamical aspects in the Adoption of Agri-Environmental Measures. *Advances in Complex Systems*, vol. 2, no. 1, 11-36.
- Windrum, P. y Birchenhall, C. (1998), Is product life cycle theory a special case? Dominant designs and the emergence of market niches through coevolutionary-learning. *Structural Change and Economic Dynamics*, vol. 9, no. 1, 109-134.
- Windrum, P., Ciarli, T. y Birchenhall, C. (2009), Consumer heterogeneity and the development of environmentally friendly technologies. *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 76, no. 4, 533-551.
- Witt, U. (Ed.) (2001), *Escaping satiation. The demand side of economic growth*, Springer-Verlag.
- Witt, U. (2005), *From sensory to positivist utilitarianism and back—the rehabilitation of naturalistic conjectures in the theory of demand, papers on economics and evolution*. MPI, Jena.